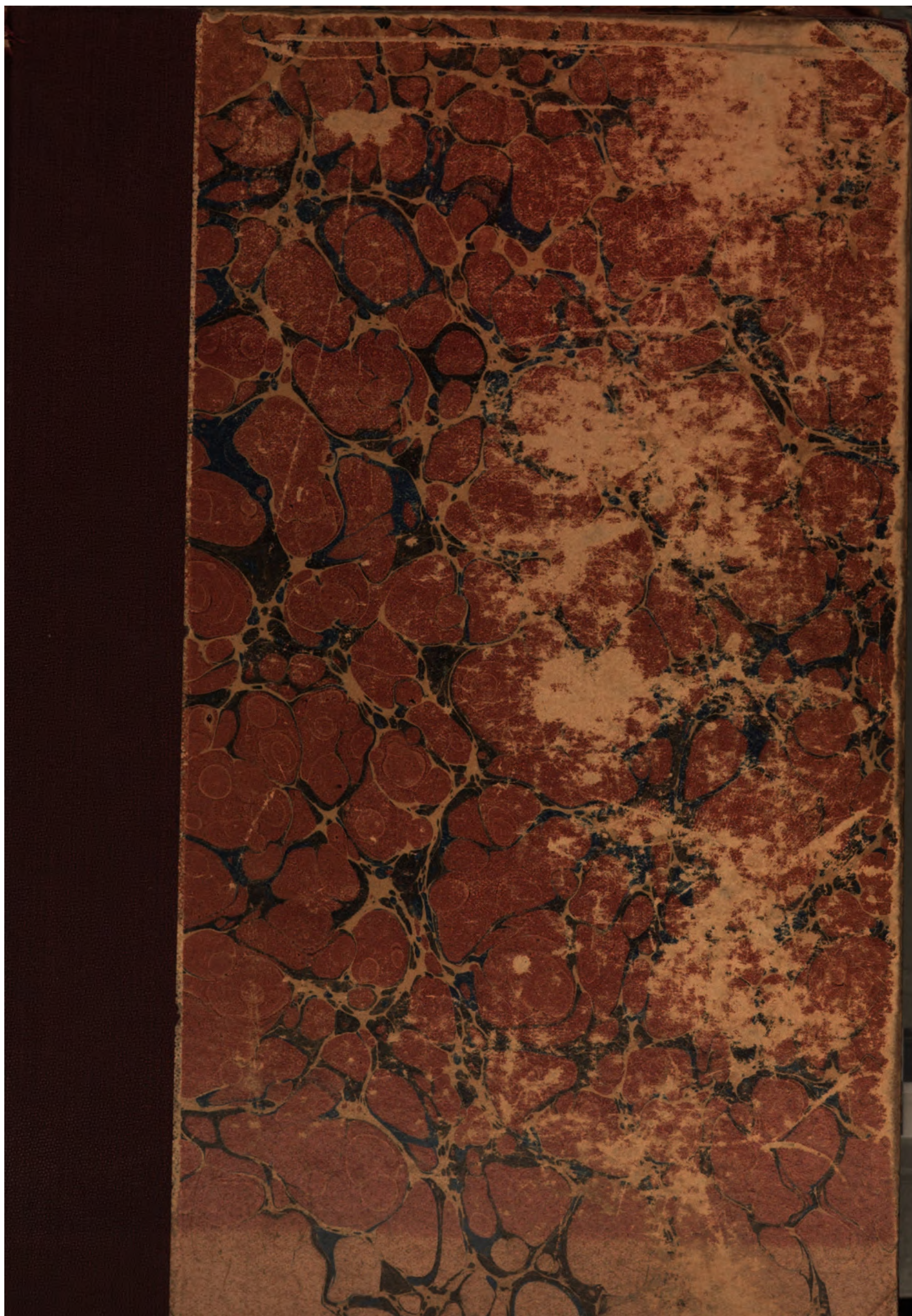
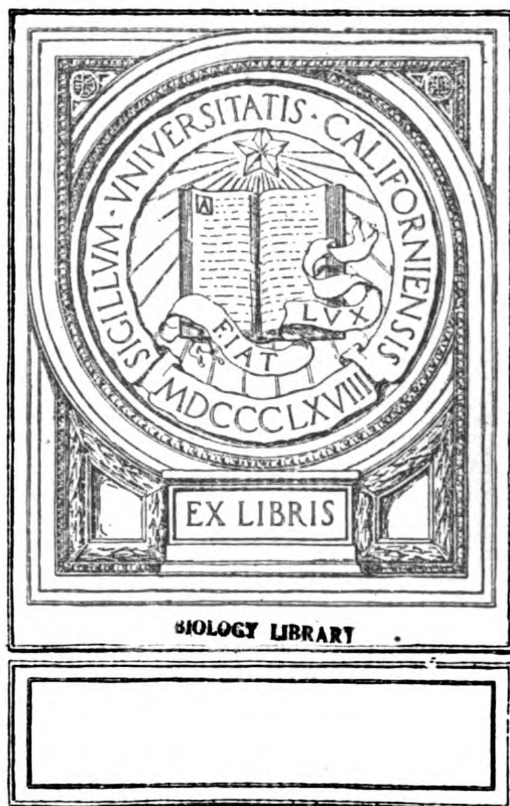



SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS
BIOLOGY LIBRARY

LEHRBUCH

der

HISTOLOGIE

und der

mikroskopischen Anatomie

mit besonderer Berücksichtigung

des menschlichen Körpers

einschließlich der mikroskopischen Technik

von

Prof. Dr. Ladislaus Szymonowicz

Fünfte verbesserte Auflage

bearbeitet von

Dr. Ladislaus Szymonowicz
o. ö. Professor der Histologie an der Universität Lemberg

und

Dr. Rudolf Krause
a. o. Professor der Anatomie a. d. Universität Berlin

Mit 422 Abbildungen im Text und auf 102 meist farbigen Tafeln



LEIPZIG · 1924 · VERLAG VON CURT KABITZSCH

Anweisung für den Buchbinder zum Einkleben der Tafeln.

Tafel	I . .	zwischen	Seite	6/7
„	II . .	„	„	22/23
„	III . .	„	„	30/31
„	IV . .	„	„	66/67
„	V . .	„	„	78/79
„	VI, VII	„	„	86/87
„	VIII .	„	„	98/99
„	IX . .	„	„	114/115
„	X . .	„	„	144/145
„	XI . .	„	„	150/151
„	XII . .	„	„	160/161
„	XIII .	„	„	162/163
„	XIV .	„	„	166/167
„	XV . .	„	„	168/169
„	XVI .	„	„	170/171
„	XVII, XVIII	„	„	180/181
„	XIX .	„	„	188/189
„	XX . .	„	„	194/195
„	XXI .	„	„	196/197
„	XXII .	„	„	198/199
„	XXIII, XXIV, XXV	„	„	202/203
„	XXVI .	„	„	208/209
„	XXVII, XXVIII	„	„	216/217
„	XXIX, XXX	„	„	220/221
„	XXXI .	„	„	222/223
„	XXXII	„	„	226/227
„	XXXIII	„	„	228/229
„	XXXIV	„	„	230/231
„	XXXV, XXXVI, XXXVII	„	„	232/233
„	XXXVIII	„	„	234/235
„	XXXIX, XL	„	„	242/243
„	XLI, XLII	„	„	250/251
„	XLIII .	„	„	252/253
„	XLIV .	„	„	254/255
„	XLV .	„	„	258/259
„	XLVI .	„	„	264/265
„	XLVII, XLVIII, XLIX	„	„	266/267
Tafel	L, LI .	zwischen	Seite	278/279
„	LII . .	„	„	286/287
„	LIII .	„	„	290/291
„	LIV, LV	„	„	298/299
„	LVI, LVII, LVIII	„	„	324/325
„	LIX, LX, LXI	„	„	346/347
„	LXII, LXIII	„	„	356/357
„	LXIV, LXV	„	„	360/361
„	LXVI, LXVII, LXVIII	„	„	366/367
„	LXIX, LXX	„	„	370/371
„	LXXI .	„	„	374/375
„	LXXII	„	„	384/385
„	LXXIII, LXXIV	„	„	386/387
„	LXXV, LXXVI	„	„	390/391
„	LXXVII, LXXVIII, LXXIX, LXXX, LXXXI	„	„	394/395
„	LXXXII, LXXXIII	„	„	396/397
„	LXXXIV	„	„	400/401
„	LXXXV, LXXXVI	„	„	412/413
„	LXXXVII	„	„	418/419
„	LXXXVIII	„	„	420/421
„	LXXXIX	„	„	422/423
„	XC, XCI	„	„	424/425
„	XCII .	„	„	432/433
„	XCIII .	„	„	436/437
„	XCIV .	„	„	438/439
„	XCV, XCVI	„	„	452/453
„	XCVII	„	„	464/465
„	XCVIII	„	„	472/473
„	XCIX .	„	„	476/477
„	C . .	„	„	480/481
„	CI . .	„	„	484/485
„	CII . .	„	„	486/487

Iistologie

und

mikrcopische Anatomie

von

Prof. Dr. L. **Szymonowicz**

Fünfte verbesserte Auflage

bearbeitet von

Szymonowicz und Prof. Krause

LEHRBUCH

der

HISTOLOGIE

und der

mikroskopischen Anatomie

mit besonderer Berücksichtigung

des menschlichen Körpers

einschließlich der mikroskopischen Technik

von

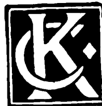
Prof. Dr. Ladislaus Szymonowicz

Fünfte verbesserte Auflage

bearbeitet von

Dr. Ladislaus Szymonowicz und **Dr. Rudolf Krause**
o. ö. Professor der Histologie an der Universität Lemberg
a. o. Professor der Anatomie a. d. Universität Berlin

Mit 422 Abbildungen im Text und auf 102 meist farbigen Tafeln



LEIPZIG · 1924 · VERLAG VON CURT KABITZSCH

1. Aufl. 1901
2. Aufl. 1909
3. Aufl. 1915
4. Aufl. 1921
5. Aufl. 1924

Vorwort zur fünften Auflage.

Die fünfte Auflage des Lehrbuches ist, nachdem die vierte Auflage trotz der Ungunst der Zeitverhältnisse in überraschend kurzer Zeit vergriffen war, auf Wunsch des Herrn Verlegers von den beiden Unterzeichneten gemeinsam bearbeitet worden, von denen der eine schon bei der Umarbeitung der zweiten Auflage beteiligt war.

Unser gemeinsames Streben ging dahin, das Werk, das sich in immer höherem Grade die Gunst unserer studierenden Jugend erworben hat, in Text und Abbildungen den Fortschritten der histologischen Forschung anzupassen. So wurden unter anderen die Ergebnisse der Mitochondrienforschung der beiden letzten Dezennien mehr als bisher in den Kreis der Betrachtungen einbezogen und die das Nervensystem behandelnden Kapitel einer teilweisen Neubearbeitung unterzogen.

Die Zahl der Abbildungen wurde um 28, die der Tafeln um 19 vermehrt.

Dabei hatten wir uns des größten Entgegenkommens unseres Herrn Verlegers zu erfreuen, dem dafür an dieser Stelle unser herzlichster Dank ausgesprochen sei.

Lemberg und Berlin, Februar 1924.

L. Szymonowicz. R. Krause.

Inhalts-Verzeichnis.

Dritter Teil.

Allgemeine mikroskopische Technik.

Spezielle mikroskopische Technik.

Einleitung.

Unter Histologie versteht man die Lehre von den Geweben, welche den tierischen und pflanzlichen Körper aufbauen (**ὁ ἱστός, τὸ ἱστίον** = Gewebe). Jedes Gewebe aber entsteht aus Zellen im Laufe der Entwicklung und besteht im fertigen Zustande aus Zellen und Zellprodukten. Es muß deshalb die Lehre von der Zelle, die Zytologie, den Ausgangspunkt und eines der wichtigsten Kapitel einer jeden Darstellung der Histologie bilden. Die Zellen schließen sich zusammen zu Geweben. Es wird deshalb der zweite Hauptabschnitt die Lehre von den Geweben, die Histologie im engeren Sinne, umfassen. Dadurch, daß schließlich verschiedene Gewebe in einer für jeden Fall charakteristischen Weise sich miteinander verbinden, entstehen die Organe. Es wird so im dritten und letzten Teil zu untersuchen sein, welche Gewebe die einzelnen Organe des Körpers zusammensetzen und in welcher Weise sie miteinander verbunden sind. Diesen letzten Teil der Histologie bezeichnet man auch als mikroskopische Anatomie.

Unser Lehrbuch soll sich ausschließlich mit der Histologie des Tierkörpers befassen und hier wieder in erster Linie den Körper des Menschen berücksichtigen. Es wird dem oben Ausgeführten entsprechend in drei Teile zerfallen: Der erste soll handeln vom Bau und den Eigenschaften der tierischen Zelle, der zweite wird sich mit den tierischen Geweben befassen und der dritte und letzte soll uns mit dem mikroskopischen Bau der verschiedenen Organe bekannt machen.

Erster Teil.

Der Bau der tierischen Zelle.

Die Zelle, als Bestandteil des pflanzlichen und tierischen Körpers, mit seltenen Ausnahmen ein Element von äußerst geringen Dimensionen, das erst unter dem Mikroskop sichtbar wird, ist kurz nach der Erfindung des letzteren entdeckt worden, und zwar die Pflanzenzelle bedeutend früher als die tierische Zelle.

Die erste Beobachtung der Pflanzenzelle fällt nämlich in den Anfang der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts. Der englische Physiker Robert Hooke (1635—1673) gibt in seinem umfangreichen Werke „Micrographia" bei der Besprechung dessen, was er unter dem von ihm selbst konstruierten Mikroskope gesehen hatte, an, daß dünne Korkplättchen aus winzigen, regelmäßigen Hohlräumen bestehen, welche er Zellen nennt.

Neben Hooke müssen vor allem die Namen zweier Botaniker des 17. Jahrhunderts hervorgehoben werden: Malpighis und Grews, die als eigentliche Begründer der Lehre von den zelligen Elementarteilen der Pflanze gelten dürfen.

Zu einem weiteren Fortschritt der Zellenlehre kam es erst im 19. Jahrhundert, in dem Forscher, wie Treviranus, Moldenhawer, Mohl, Meyen, Schleiden eine Menge von Tatsachen über die zelluläre Struktur der Pflanzen zusammentrugen. Man stellte fest, daß im Gegensatz zu Pflanzen, welche aus sehr vielen Zellen bestehen, es auch einzellige Pflanzen gibt, wie Algen und Pilze; die Zelle betrachtete man als einen von einer Membran umschlossenen und bei jungen Zellen mit einer durchsichtigen Flüssigkeit erfüllten Raum. Im Jahre 1831 entdeckte Brown den Zellkern (Nukleus), im Jahre 1832 Dumortier die Zellteilung. Im Jahre 1838 stellte Schleiden eine Theorie der Zellengenese auf, die allerdings mit unseren heutigen Anschauungen nicht übereinstimmt: die neuen Zellen sollten sich in den älteren in der Weise entwickeln, daß innerhalb einer formlosen Substanz (Zytoblastem) zunächst Körnchen (die heutigen Nukleoli) auftreten, um welche herum sich die Kerne bilden und

wachsen. Von der Oberfläche der letzteren heben sich junge Zellen in Form von wasserhellen Blasen ab.

Die Entdeckung der tierischen Zelle fällt dagegen erst in eine viel spätere Zeit, denn abgesehen von vereinzelten Beobachtungen von Tierzellen durch Valentin und Purkinje, ist Dutrochet (1824) als erster zu der Überzeugung gekommen, daß, ähnlich wie bei Pflanzen, auch die Zelle der Elementarbestandteil des Tierkörpers sei.

Im Jahre 1839 erschien Schwanns berühmtes Werk „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen", in welchem er die Zellentheorie auch für die Tierwelt begründete. Er machte sich Schleidens Theorie der Zellenbildung zu eigen und übernahm von ihm auch die richtige Anschauung, daß der Kern eine wichtige Rolle bei der Entstehung der Zelle spiele. Er wird überhaupt von jetzt ab zu einem integrierenden Bestandteil der Zelle, während man vorher die Zelle hauptsächlich als leeres oder doch nur in der Jugend mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen definierte.

Der ursprüngliche Begriff der Zelle erfuhr im Laufe der nachfolgenden Jahrzehnte eine weitere Modifikation. Nachdem man immer zahlreichere Arten von membranlosen Zellen beobachtet hatte, fing man an, die Zellenmembran als einen unwesentlichen, den Inhalt der Zellen dagegen — Protoplasma genannt — als den wesentlichen Teil derselben zu betrachten (Purkinje, Kölliker, Remak). Gleichzeitig wurde die Schleiden-Schwannsche Lehre von der Zytogenesis widerlegt, und die Lehre von der Fortpflanzung der Zelle durch Teilung nach vorausgegangener Teilung der Kerne verschaffte sich immer mehr allgemeine Geltung und kondensiert sich in der Virchowschen Formel: Omnis cellula e cellula.

Die Forschungen von Max Schultze (zwischen 1854 und 1866) bestimmten genauer die Eigenschaften des Protoplasmas der Tierzelle und definierten die Zelle als „ein Klümpchen Protoplasma, in welchem ein Kern liegt".

Die Zelle — Cellula — ist die Elementareinheit des tierischen Körpers, sie ist Trägerin aller Lebensfunktionen und kann deshalb auch als Lebenseinheit bezeichnet werden. Die Zellen können entweder einzeln leben als einzellige Lebewesen (Protozoa), oder sie können sich zu höheren, aus vielen Zellen zusammengesetzten Organismen (Metazoa) verbinden. Bei den Protozoen verrichtet die einzige, den ganzen Körper des Tieres ausmachende Zelle sämtliche Lebensfunktionen, bei den Metazoen dagegen übernehmen bestimmte Gruppen von Zellen bestimmte Funktionen. Hand in Hand mit dieser Arbeitsteilung geht eine Differenzierung der Zellen, so daß die Zellen der einen Gruppe sich auch in ihrem Bau von denen der anderen unterscheiden. Diese durch die Arbeitsteilung erlangte Differenzierung geht

so weit, daß im ausgebildeten Zustand die Zellen einer Art die Funktionen der Zellen anderer Art nicht mehr zu übernehmen vermögen.

So dient z. B. eine Art von Zellen zur Bedeckung der Körperoberfläche, andere erlangen einen hohen Grad von Festigkeit und bilden eine Stütze des ganzen Körpers oder einzelner seiner Teile, noch andere bilden zahlreiche Ausläufer, mit deren Hilfe Reize, die die Körperoberfläche treffen, nach dem Inneren geleitet werden, während schließlich noch andere die Aufgabe übernehmen, die von außen zutretende Nahrung aufzunehmen und zu verarbeiten, zu resorbieren. So sehen wir bei den Metazoen die verschiedensten Funktionen an verschieden gebaute Zellen geknüpft, während bei den Protozoen die verschiedenen Funktionen von einer einzigen Zelle verrichtet werden.

Trotzdem wir demnach im tierischen Körper Zellen von sehr verschiedenem Bau und mannigfaltigster Bestimmung finden, so enthält doch jede Zelle gewisse Bestandteile, die in keinem Falle zu fehlen scheinen und allen Zellen gemeinsam sind.

Als solche wesentliche Bestandteile der Zelle müssen wir betrachten:

a) den protoplasmatischen Zellkörper,
b) den Zellkern,
c) das Zentralkörperchen,
d) den inneren Netzapparat.

Der protoplasmatische Zellkörper kann manchmal stark reduziert erscheinen, muß aber immer vorhanden sein. Freie Kerne ohne Zellkörper kommen nicht vor. Ein Zellkern findet sich ebenfalls in allen Zellen. Ausnahmsweise kann er in gewissen Perioden des Zellenlebens fehlen, doch auch bei diesen Zellen ist er in früheren Stadien der Entwicklung vorhanden gewesen. Schließlich sind die Zentralkörperchen und der innere Netzapparat durch die Forschungen der letzten Jahre als konstante Bestandteile fast aller Zellen nachgewiesen worden.

Die Form des Zellkörpers und gleichzeitig die der ganzen Zellen unterliegt großen Schwankungen. Im allgemeinen kann man sagen, daß sich die Zelle in ihrer Form dem ihr zugewiesenen Raum anpaßt und daß sie frei von jeder Raumbeschränkung, die Kugelform annimmt. Je nach ihrer Lagerung, Differenzierung und Funktion kann die Zelle zylindrisch, kegelförmig, polyedrisch, platt, verästelt, spindelförmig und faserartig sein (Fig. 1).

Ebenfalls bedeutenden Schwankungen unterliegt die Größe der Zellen: von 3 μ[1]) an aufwärts bis zur Größe eines Straußeneies, welches ja nur eine einzige Zelle darstellt. Bei den höheren Tieren und beim Menschen beträgt der Zellendurchmesser meistens zwischen 10 und 30 μ

[1]) μ = 1 Mikron = 0,001 mm.

und nur wenige Arten von Zellen erreichen hier einen Durchmesser von über 100 μ, wie z. B. die Nerven- und die Eizellen.

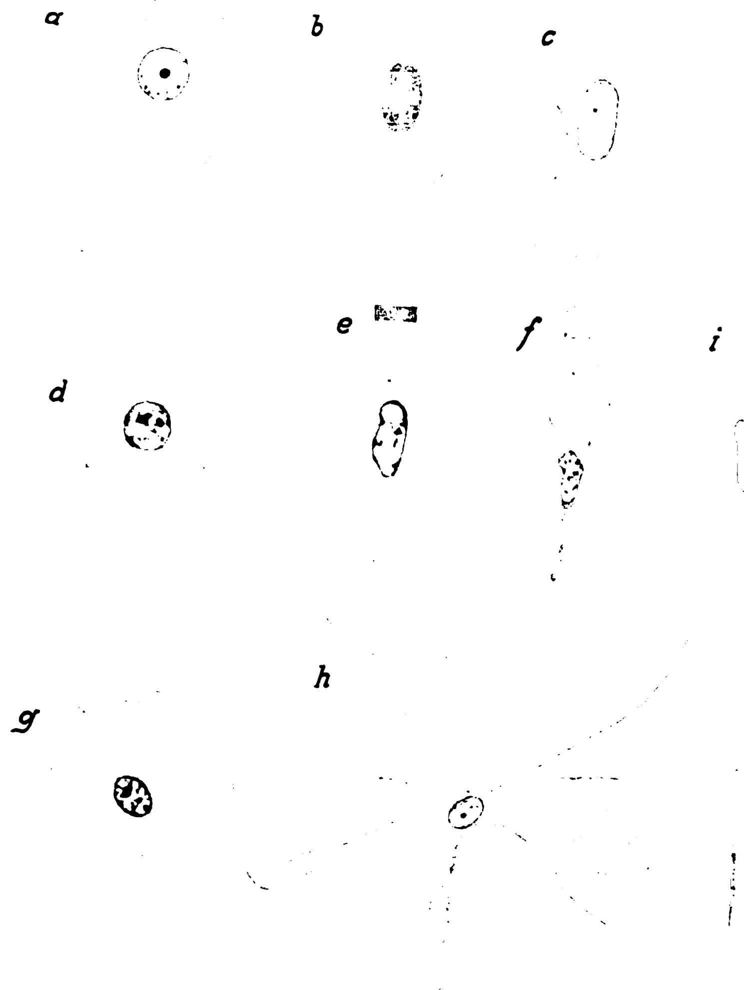


Fig. 1. Zellen von verschiedener Gestalt.

a Eizelle des Menschen.
b Farbige Blutzelle des Frosches.
c Bindegewebszelle der Ratte.
d Epithelzelle aus dem Sammelrohr der Niere vom Menschen.
e Zylinderzelle aus dem Darm des Menschen.
f Becherzelle (Schleimzelle) aus dem Darm des Menschen.
g Leberzelle vom Menschen.
h Nervenzelle aus dem Rückenmark des Kalbes.
i Glatte Muskelzelle vom Frosch.

Die Zellen wurden bei verschiedener Vergrößerung gezeichnet.

Der Zellkörper besteht hauptsächlich aus dem Protoplasma. Protoplasma ist im wesentlichen ein biologischer Begriff. Wir verstehen darunter keine chemisch scharf definierbare Verbindung, keine

gleichartige Substanz mit konstanten physikalisch-chemischen Eigenschaften, sondern ein Gemisch verschiedener chemisch miteinander kombinierter Körper.

Das lebende Protoplasma zeigt im allgemeinen einen flüssigen, und zwar schleimigen bis zähflüssigen Aggregatzustand von durchschnittlich kolloider Formart. Es ist also keine einheitliche, sondern im Gegenteil eine ungleichmäßige (heterogene) Flüssigkeit, in der vor allem die Grenzzone des Zellplasmas, sowie auch bestimmte im Zellinnern enthaltene Plasmateile von höherer Konsistenz, d. h. mehr verfestigt sind und eine große Analogie mit Gallerten aufweisen. Angesichts dieser Heterogenität würde das Protoplasma einer Kombination von Sol, Gallerte und Gel entsprechen (v. Tschermak). Sehr dehnbar und fast immer farblos, ist es in Wasser unlöslich, in Essigsäure quillt es auf. Nur in den seltensten Fällen ist das Protoplasma ganz homogen, meistens weist es innerhalb einer homogenen Grundsubstanz ungleichmäßig verteilte, stärker lichtbrechende Körnchen (Mikrosomen) und Fädchen auf (Fig. 2).

Nicht selten kann man die Beobachtung machen, daß der Zellkörper an der Peripherie aus körnchenfreiem Protoplasma (Hyaloplasma), im Inneren dagegen aus körnigem Protoplasma (Körnerplasma) besteht.

Mit diesen, dem lebenden Protoplasma selbst angehörigen, es zusammensetzenden Körnchen dürfen nicht verwechselt werden tote Zelleinschlüsse, die in den verschiedenen Zellen in sehr verschiedener Form, Größe, Zahl und Zusammensetzung auftreten, und die wir in ihrer Gesamtheit als Deutoplasma (van Beneden) oder Paraplasma (Kupffer) bezeichnen. Es gehören hierher solche Körper, wie Fett, Pigment, Glykogen, Stärke, Schleim, Dotter. Sie können in gewissen Zellarten und unter besonderen Umständen im Zellkörper sich so stark anhäufen, daß das Protoplasma ganz in den Hintergrund gedrängt wird. Werden sie aus dem Zellkörper herausgelöst, so erscheint der letztere als ein feines Gerüstwerk, welches größere oder kleinere wabige Hohlräume umschließt. Sind die deutoplasmatischen Einschlüsse flüssig, so können sie in Form von Vakuolen, d. h. vom Protoplasma allseitig umschlossenen, kugeligen Hohlräumen auftreten. Auch in Form verschieden gestalteter Kristalle können sie erscheinen (Kristalloide). Beide Substanzen, die die Bestandteile des Zellkörpers bilden, d. h. das Proto- und das Deutoplasma fassen wir mit dem gemeinsamen Namen Zytoplasma zusammen, im Gegensatz zum Karyoplasma, d. h. dem Kernplasma.

Die Anwesenheit jener deutoplasmatischen Fremdkörper, die bald in das Protoplasma von außen her eingeführt, bald in ihm selbst gebildet werden und Produkte des Stoffwechsels darstellen, ist der Grund für die große Mannigfaltigkeit im Aussehen und Bau des

Zytoplasmas und bereitet der Bestimmung der morphologischen und chemischen Eigenschaften des reinen Protoplasmas große Schwierigkeiten.

Über die chemische Zusammensetzung des Protoplasmas läßt sich gegenwärtig nicht viel Sicheres sagen. Es möge noch einmal hervorgehoben werden, daß „Protoplasma" kein chemischer Begriff ist. Die chemische Zusammensetzung des lebenden Protoplasmas ist schon aus dem Grunde uns unbekannt, weil es durch jede Einwirkung von Reagenzien, welche bei der Untersuchung unentbehrlich sind, abgetötet wird; ob aber zwischen lebendem und totem Protoplasma chemische Differenzen existieren, wissen wir nicht. Das Protoplasma zeichnet sich durch großen Wasserreichtum aus (bei erwachsenen Wirbeltieren ca. 60—70%). Von den festeren Bestandteilen nehmen die erste Stelle ein: kompliziert gebaute Eiweißkörper, Nukleoalbumine und Nukleoproteide, welche beide sich durch ihren Phosphorgehalt auszeichnen. Einfacher organisierte Eiweißkörper, wie Albumin und Globulin, sind im Protoplasma nur in Spuren vorhanden. Daneben finden sich noch, hauptsächlich als deutoplasmatische Stoffe, Fette und Lipoide, das sind Stoffe, die sich aus den Zellen durch Äther oder ähnliche Lösungsmittel, wie Alkohol, Chloroform, Benzol ausziehen lassen; zu den Lipoiden gehören in erster Reihe Lezithin und Cholesterin. Außerdem kommt noch in beschränktem Maße ein Kohlehydrat, das Glykogen, vor. Von den anorganischen Bestandteilen treten auf Phosphor, Kalium, Natrium, Kalzium, Magnesium, Eisen, Schwefel, Chlor und Arsen. Die Reaktion des lebenden Protoplasmas ist alkalisch.

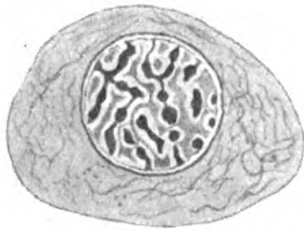


Fig. 3. Knorpelzelle der Larve von Salamandra maculosa, in lebendem Zustande beobachtet.

Nach Flemming.

Im Innern liegt der Zellkern. Im Zellkörper sind die Fäden der Filarmasse sichtbar. Stark vergrößert.

Eine schwierige und auch bis heute nicht völlig aufgeklärte Frage ist die nach dem feineren Bau des Protoplasmas, nach der Protoplasmaarchitektur. Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich drei Haupttheorien über den Bau des Protoplasmas herausgebildet: die Fadengerüsttheorie, die Wabentheorie und die Granulatheorie (Fig. 2).

Nach der Fadengerüsttheorie (Mitomlehre, Heitzmann 1873, Frommann 1875, Flemming 1882, Leydig 1885) besteht das Protoplasma aus zwei verschiedenen Substanzen: aus stärker lichtbrechenden festeren Fäden, Filarmasse, Mitom, und aus einer sie trennenden, mehr flüssig-weichen Zwischensubstanz, Interfilarmasse, Paramitom (Fig. 3). Die Fäden können kürzer oder länger,

dünner oder dicker sein. Sie lassen sich manchmal schon an lebenden Zellen als stärker lichtbrechende Teile beobachten (Fig. 3, Flemming 1882), gewöhnlich aber erst an dem mit saueren Flüssigkeiten fixierten Material in Form von Strahlungen und Fadengerüsten. Nach der Ansicht einiger Autoren (Flemming) vereinigen sich die Fädchen nicht oder nur ausnahmsweise miteinander und durchziehen meist isoliert in geschlängeltem Verlauf den Protoplasmakörper; nach der Ansicht anderer dagegen (Heitzmann, Fromman, Leydig) vereinigen sie sich zu einem den ganzen Zellkörper durchziehenden Netzwerk, so daß ein spongiöser, schwammiger Bau entsteht (Spongioplasma, retikulärer Bau). In den Fäden des Mitoms kommen oft mehr oder weniger zahlreiche Körnchen (Mikrosomen) vor.

Auch die Schaum- oder Wabentheorie (Bütschli 1892) nimmt im Protoplasma zwei verschiedene Bestandteile an. Die eine, das festere zähflüssige, Hyaloplasma, bildet ein Gerüst, welches aus einer großen Menge allseitig gegeneinander abgeschlossener Räume besteht, die ihrerseits wieder mit einem mehr flüssigen und weicheren Inhalt, dem Enchylema, ausgefüllt sind. Das Gerüst erinnert an Seifenschaum oder Bienenwaben (Fig. 4). Die Gestalt der gegeneinander abgegrenzten Hohlräume ist eine unregelmäßig polyedrische, da infolge gegenseitigen Drucks die Wände sich abflachen. In den Knotenpunkten des Wabenwerkes sind feine Körnchen, die Mikrosomen, eingelagert. Die Theorien vom retikulären und schaumartigen Baue des Protoplasmas können als zwei verschiedene Deutungen eines und desselben Bauschemas aufgefaßt werden, da das Fadennetz (nach der Theorie vom retikulären Protoplasmabaue) ein Bild des optischen oder reellen Durchschnittes der zarten, die Alveolen begrenzenden Membranen (Schaumwände) liefern kann. In der letzten Zeit wurde Bütschlis Theorie von der Schaumstruktur des Plasmas von Rhumbler wieder aufgegriffen (Spumoidbau), der in ihr die einzige Möglichkeit sieht, alle Lebenserscheinungen der Zelle vom mechanischen Standpunkt aus zu erklären.



Fig. 4. Eine Stützzelle der Epidermis von Lumbricus terrestris.
Nach Bütschli.

Sowohl im Kern wie auch im Plasma ist ein Gerüstwerk zu sehen, als Ausdruck des optischen Durchschnitts des Wabenwerks. In den Knotenpunkten des letzteren sind kleine Körnchen sichtbar. *C* Kutikula. Starke Vergrößerung.

Nach der dritten Theorie, der Altmannschen Granulatheorie (1890) besteht das Protoplasma aus zweierlei Bestandteilen, nämlich

aus feinen oder gröberen Körnchen, Granula, die innerhalb einer gallertartigen, amorphen Intergranularsubstanz liegen (Fig. 5). Die Körnchen sind die Hauptbestandteile und spielen im Leben der Zelle die Hauptrolle, während der toten und minderwertigen Intergranularsubstanz nur eine mehr untergeordnete Bedeutung zukommt. Altmann geht in seiner Hypothese noch weiter, indem er die Granula, nicht aber die Zelle, für die letzten morphologischen Elementareinheiten der lebendigen Substanz und für Träger des Lebens, Lebensbildner, Bioblasten, ansieht. Diesen kommt das Vermögen zu, die verschiedensten Lebensfunktionen in der Zelle zu verrichten: sie assimilieren, wachsen und vermehren sich durch Teilungen. Die Zelle ist nach Altmann ein zusammengesetztes Gebilde, eine Bioblastenkolonie. Diese Bioblasten sind Elementarorganismen, welche den niedrigsten Lebewesen, den Mikroorganismen, gleichwertig erscheinen. Unter den Bioblasten unterscheidet Altmann zwei Unterfamilien: Autoblasten, d. h. freilebende Granulaformen, z. B. Mikrokokken, und Zytoblasten, Zellgranula, d. s. solche Formen, die nur gemeinsam, zu Kolonien vereinigt, innerhalb der Zelle leben können.

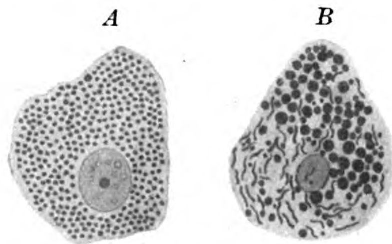


Fig. 5. *A* Leberzelle der Maus.
Im Innern liegt der Kern mit dem Kernkörperchen. Im Protoplasma sind Granula zu sehen.
B Drüsenzelle aus der Parotis der Katze. (9 Stunden nach Pilokarpininjektion.)
Im Protoplasma sind Sekretkörnchen und kurze Fädchen, welche den Mitochondrien entsprechen, sichtbar.
Beide Figuren nach Altmann.

Nicht nur Zellen verschiedener Art ergeben ein verschiedenes Bild des mikroskopischen Baues ihres Protoplasmas, sondern auch eine und dieselbe Zelle in verschiedenen Stadien ihrer Lebenstätigkeit untersucht, zeigt Veränderungen des mikroskopischen Bildes. Die Protoplasmastruktur erscheint demnach polymorph, sie ist nicht konstant und keine Theorie der Protoplasmastruktur kann für die Zelle in allen ihren funktionellen Zuständen Anwendung finden. Diese Fähigkeit der Strukturänderung muß der morphologischen Wandelbarkeit des Protoplasmas zugeschrieben werden, welche Ružička als morphologischen Metabolismus des Protoplasmas bezeichnet. Diese Eigenschaft des lebenden Protoplasmas zeigt sich darin, daß die einzelnen Protoplasmastrukturen ineinander überzugehen vermögen. An einem Beispiele läßt sich dies leicht zeigen. Wenn eine junge Zelle mit amorphem, undifferenziertem Protoplasma in ihre funktionelle Tätigkeit eintritt, so arbeitet sie in ihrem Leib größere oder kleinere Körner aus und damit nimmt das Protoplasma einen körnigen Bau an. Beim weiteren Ablauf der Zelltätigkeit quellen diese Körner

auf, werden zum Teil verflüssigt und verleihen nun dem Protoplasma einen alveolären Bau, der wiederum in einen netzartigen übergeht, wenn sich alle Alveolen lösen und die sie abgrenzenden Wandungen mehr oder weniger stark eingeschmolzen werden. Demgemäß kann die Zelle im Laufe verschiedener Stadien ihrer Tätigkeit nacheinander einen körnigen, alveolären, netzartigen oder faserigen Bau zeigen. Selbstverständlich kann jede von diesen zeitweiligen Strukturphasen sich zu einem bleibenden Dauerzustande ausgestalten. Daß wir in der Zelle für verschiedene Zwecke auch verschiedene Strukturverhältnisse vorfinden, erscheint ganz natürlich, wenn man die große Mannigfaltigkeit der Leistungen des Protoplasmas in Betracht zieht (Reinke).

Jede der oben angeführten Ansichten nimmt aber im Protoplasma das Vorhandensein wenigstens zweier Substanzen an: einer geformten und einer amorphen, von denen die letztere das Substrat für die erstere abgibt.

Dieses geformte Protoplasma, welches eine wichtige Rolle spielt und bei den Lebensfunktionen der Zellen deutlich zum Vorschein kommt, wird von gewissen Forschern als Protoplasma höherer Art („protoplasma supérieur" Prenant) dem gewöhnlichen Protoplasma („protoplasma ordinaire") gegenübergestellt. Aus dem letzteren vermag sich das geformte Protoplasma herauszudifferenzieren, das in verschiedener Form auftreten kann, am häufigsten in Form von Körnern oder Fäden, und ausgezeichnet ist durch sein Verhalten Farbstoffen gegenüber. Hierher dürfte eine ganze Reihe von Bildungen gestellt werden, die von vielen Forschern im Protoplasma verschiedener Zellen unter verschiedenen Bezeichnungen beschrieben worden sind.

Von diesen Gebilden scheinen die einen allgemeine Bestandteile aller Zellen zu sein und gleichsam spezielle Organe der Zelle (Organellen) darzustellen, andere treten nur in manchen Zellen auf, und zwar nur vorübergehend in gewissen Lebensphasen der Zelle.

Einige von ihnen können manchmal schon intra vitam ohne Zuhilfenahme von Reagenzien nachgewiesen werden, andere lassen sich erst mittels spezieller Fixierungs- und Färbemethoden entdecken.

Von diesen zahlreichen Zellorganellen müssen zu allererst die Mitochondrien genannt werden und es muß ihnen als Gebilden, die in letzter Zeit immer mehr Interesse erregen, etwas mehr Raum gegönnt werden (siehe Fig. 2, 6, 7, 8, 9 u. 21).

Diese zuerst von Benda gewürdigten Gebilde wurden 1897 von ihm im Protoplasma der Samenzellen beschrieben, ihre genauere Kenntnis verdanken wir insbesondere Meves. Sie treten in Form von kleineren oder größeren Körnchen auf, welche sich oft in kleine Ketten aneinanderreihen (Fadenkörner) und zu homogenen Stäbchen

(Chondriokonten) oder Fäden (Chondriomiten) verschmelzen. Weiterhin wurden diese Gebilde ohne Rücksicht auf die Form der Elemente als Chondriosomen bezeichnet. Die Gesamtheit der Chondriosomen einer Zelle aber erhielt den Namen Chondriom. In letzter Zeit wurde von Meves für diese Gebilde die Bezeichnung Plastosomen eingeführt, womit angedeutet werden soll, daß diese Strukturelemente an den Bildungsvorgängen in der Zelle teilnehmen. Sie werden von Meves je nach der Form in körnige oder Plastochondrien und fädige oder Plastokonten eingeteilt.

Es wurde festgestellt, daß die Mitochondrien außerordentlich vergängliche Elemente sind, die sich manchmal schon an lebenden Zellen erkennen lassen, aber erst nach Fixierung und Färbung mittels spezieller Methoden (siehe Technik) deutlich zum Vorschein kommen. Spätere Forschungen ergaben, daß die ursprünglich in männlichen und weiblichen Geschlechtszellen entdeckten Mitochondrien in allen Generationen der Geschlechtszellen, von den Spermatogonien und Ovogonien (s. d.) an bis zu dem reifen Samenfaden und Ei, vorhanden sind und daß sie in der Folge während der Befruchtung auf die Embryonalzellen übergehen, so daß die Mitochondrien der letzteren dem Ei und dem Samenfaden zugleich entstammen. Während der Teilung der Zellen bleiben die Mitochondrien weiter bestehen; sie besitzen das Vermögen, sich durch Teilung zu vermehren und gehen zuletzt in die Zellen des erwachsenen Tieres über. Ein Teil dieser Gebilde unterliegt im Verlauf der Entwicklung des Tieres einer Differenzierung und Spezialisierung, was zu einer Abnahme der Plasmosomenzahl in diesen Zellen führen muß.

(Beschreibung der Mitochondrien der verschiedenen Zellarten siehe an den entsprechenden Stellen des Textes.)

Die Wortführer in der Lehre von den Mitochondrien erblicken in ihnen nicht nur einen integrierenden Bestandteil des Protoplasmas, sondern ein permanentes Zellorgan (Arnold), neben dem Kern und den Zentriolen ein Grundelement der Zelle (Meves); es repräsentiert die vegetativen Zellorganellen, deren Hauptrolle in der Speicherung und Umbildung der aus dem Blut geschöpften Stoffe besteht (Meves, Duesberg). Jedenfalls sind die Plastosomen als konstante und spezifische Zellbestandteile anzusehen, die eine äußerst wichtige Rolle im Zellenleben spielen. Sie bilden das materielle Substrat für alle Differenzierungsprozesse, welche sich im Verlauf der Ontogenese abspielen. Solche Differenzierungsprodukte sind erstens die verschiedenen Faserstrukturen, wie z. B. die Protoplasmafasern der Epidermiszellen, die Fibrillen der glatten und quergestreiften Muskelfasern, die Neurofibrillen, die Bindegewebs- und Neurogliafasern, zweitens auch die verschiedensten chemischen Produkte des zellulären Stoffwechsels, beispielsweise die Sekretkörner in den Drüsen, das Fett, die Pigment-



Fig. 6.

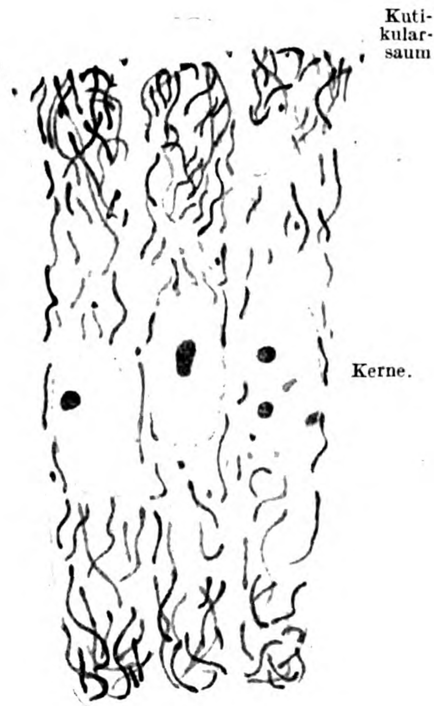


Fig. 7.

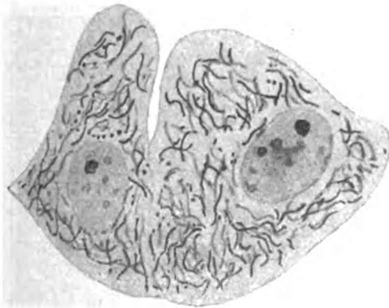


Fig. 8.



Fig. 9.

Fig. 6—9. Verschiedenartige Zellen mit Mitochondrien, vorwiegend in Gestalt von Chondriokonten und Chondriomiten.

Fig. 6. Zwei Leberzellen der Maus.
Fig. 7. Drei Darmepithelzellen der Maus. Direkt unter dem Kutikularsaum sind quergetroffene Schlußleisten in Form von vier schwarzen Punkten sichtbar.
Fig. 8. Zwei Epithelzellen aus dem Ausflußrohre der Niere des Axolotls.
Fig. 9. Drei Epithelzellen aus dem Tubulus contortus der Niere des Axolotls. In der mittleren Zelle ist der Kern sichtbar.

Sämtliche obige Präparate sind mit Heidenhainschem Eisenhämatoxylin gefärbt.

Stark vergrößert.

und Dotterkörner (Meves). Es herrscht aber keine Übereinstimmung darüber, ob die Plastosomen an den genannten Prozessen eine direkte oder indirekte Beteiligung nehmen. Man spricht ihnen auch eine große Bedeutung bei der Befruchtung und Vererbung zu (Meves, Held).

Nach der „Plastosomentheorie" von Meves und Duesberg sollen im Protoplasma zwei Substanzen unterschieden werden: die Plastosomen (Mitochondrien) und eine Grundsubstanz, in welcher die Plastosomen und ihre Differenzierungsprodukte eingelagert sind, wobei man annehmen kann, daß, wenn auch diese Grundsubstanz den Mitochondrien untergeordnet ist, dennoch die in den Mitochondrien sich abspielenden Vorgänge von ihr beeinflußt werden. Nach dem oben Gesagten sind die Plastosomen jedenfalls als geformte Bestandteile des Protoplasmas zu betrachten, welche eine aktive Rolle bei der Zelltätigkeit, und zwar sowohl bei der formativen als auch bei der sekretorischen Funktion der Zelle spielen, und ohne die sich kein lebensfähiges und funktionierendes Protoplasma vorstellen läßt.

Spätere Untersuchungen (Meves 1910) haben erwiesen, daß die Mitochondrien mit den von Altmann (1890) entdeckten Granulis (Bioblasten) und den von den Gebrüdern Zoja (1891) als allgemeine Bauelemente aller Zellen beschriebenen Plastidulen völlig identisch sind. Andererseits war man zur Überzeugung gelangt, daß die Mitochondrien dem in fixierten Zellen auftretenden Mitom von Flemming nicht gleichen, weil sie nicht nur während der mitotischen Zellteilung interfilar liegen, sondern auch in der ruhenden Zelle außerhalb der Fäden der Strahlungen und der Gerüste gelegen sind (Meves). Dagegen bestehen die von Flemming in der lebenden Zelle beobachteten Fäden aus Mitochondrien. Was ihren chemischen Aufbau anlangt, so sollen sie Lipoide enthalten.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß neben der bereits angeführten Meinung, die Plastosomen seien persistente Zellelemente und Zellorganellen, auch eine ganz entgegengesetzte besteht, die in ihnen vergängliche Zellbestandteile sieht, welche entweder im Zytoplasma gebildet werden oder nukleären Ursprungs sind (Goldschmidt), d. h. daß die ins Plasma übergetretene Kernsubstanz das Bildungsmaterial für neue Plastosomen liefert (Schreiner).

Über andere Gebilde, die als durch Differenzierung des Protoplasmas entstanden, resp. als Bestandteile der Zelle beschrieben worden sind, die jedoch nur in gewissen Tätigkeitsphasen spezieller Zellarten auftreten, wie Ergastoplasma, Basalfilamente und Nebenkern in den Drüsenzellen, Idiosoma in Samenzellen, Dotterkern in der Eizelle wird weiter unten, im speziellen Teil, die Rede sein: Der Hauptteil dieser Gebilde hat nach der Meinung gewisser Forscher seine Herkunft der Hauptsache nach den Mitochondrien zu

verdanken, andere dagegen bringen sie in enge Beziehungen zum Kern und leiten sie vom Kernchromatin ab (R. Hertwig — Chromidien, Goldschmidt — Chromidialapparat).

Der zweite wesentliche Bestandteil der Zelle ist der Kern, Nukleus. Er fehlt nur ausnahmsweise, und zwar in Zellen, die sich nicht mehr teilen und deren Funktion die Anwesenheit eines Kernes überflüssig macht, z. B. in den roten Blutkörperchen der Säugetiere und des Menschen; doch auch in diesen Fällen waren die Zellen in früheren Lebensperioden im Besitze eines Kerns. Häufig ist der Kern in der lebenden Zelle unsichtbar, einmal wenn er durch deutoplasmatische Einlagerungen des Zellkörpers verdeckt wird oder wenn Kern und Protoplasma dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen. In solchen Fällen aber kann der Kern dadurch leicht nachgewiesen werden, daß man die Zelle mit verdünnter Essigsäure behandelt, welche das Lichtbrechungsvermögen ändert, da sie eine Quellung des Protoplasmas und Fällung der Kernsubstanz bewirkt und so den Kern innerhalb des Zellkörpers hervortreten läßt.

Die Gestalt des Kerns ist sehr verschieden, ursprünglich aber wohl stets mehr oder weniger kugelig oder ellipsoidisch. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die Zellform nicht ohne Einfluß auf die Gestalt des Kerns ist. So nimmt in den in die Länge gezogenen Zellen der Kern die Form eines längsgestreckten Stäbchens an. In anderen Fällen kann seine Gestalt mehr unregelmäßig sein. Solche, im allgemeinen als polymorph bezeichneten Kerne können wurst- oder hufeisenförmig, eingeschnürt, gelappt, verästelt, ringförmig erscheinen, können endlich in Form einer vielfach durchbrochenen Kugelschale auftreten. Auch durch den Druck deutoplasmatischer Einlagerungen des Zellkörpers kann die Kernform stark beeinflußt werden, so daß ein ursprünglich kugelförmiger Kern scheiben- oder napfförmig wird. Der Kern kann vorübergehenden Gestaltsänderungen unterliegen, wenn die ganze Zelle durch mechanische Faktoren Deformationen erleidet.

Die Größe des Kerns steht meistens in einem gewissen Verhältnis zur Größe des Zellkörpers. Gewöhnlich kommt ihm ein Drittel bis ein Viertel des Zellvolumens zu. Junge Zellen besitzen in der Regel große Kerne. Durch voluminöse Kerne zeichnen sich ferner gewisse Nervenzellen, dann die Eizellen und manche Elemente des Blutes aus.

Die Lage des Kerns innerhalb der Zelle ist durchaus nicht konstant. Meistens nimmt er ungefähr die Mitte der Zelle ein, doch ist er auch in vielen Fällen ganz exzentrisch gelegen, was häufig in der Ansammlung deutoplasmatischer Einschlüsse seinen Grund hat. Auch ist in einer und derselben Zelle die Lage des Kerns nicht unveränderlich, er kann bei verschiedenen physiologischen Zuständen seinen Platz wechseln.

Was die Anzahl der Kerne in der Zelle betrifft, so enthalten die Zellen in der Regel einen Kern, doch kommen auch Zellen mit zwei Kernen vor, z. B. Leberzellen, ja es gibt auch Zellen, die in ihrem Körper sehr zahlreiche Kerne, bis über 100, aufweisen, z. B. die Riesenzellen des Knochenmarks und der Milz. Solche vielkernige Zellen bezeichnen wir als Polykaryozyten. Die große Anzahl von Kernen in diesen Zellen rührt daher, daß einer wiederholten Kernteilung keine Teilung des Zellkörpers folgt.

Den Polykaryozyten muß das sog. Synzytium gegenübergestellt werden, welches sich von ersteren vor allem durch die Entstehungsweise unterscheidet. Ein Synzytium entsteht, wenn es bei engerer Aneinanderlagerung der Zellen zum Schwinden der Abgrenzung zwischen den einzelnen Zellen, zum Verschmelzen einer größeren Menge von Zellen und zur Bildung eines einheitlichen Ganzen kommt. Die Verschmelzung kann so weit gehen, daß nur noch die zahlreichen Kerne darauf hinweisen, daß das Synzytium seine Entstehung einer Vielheit von Zellen verdankt.

Obgleich der Kern einer lebenden Zelle gewöhnlich fast gar keine Strukturdetails erkennen läßt, ist er doch ein sowohl morphologisch als auch chemisch sehr kompliziert gebautes Gebilde. Über den Aggregatzustand der Kernsubstanz (des Kernplasmas) ließen sich die Bemerkungen, die oben über die Konsistenz des Zytoplasmas ausgesprochen wurden, wohl wiederholen.

Bei Anwendung entsprechender Reagenzien (Fixierungs- und Färbungsmittel) können wir im Kerne gewisse morphologische Bestandteile erkennen, die fast immer in ihm auftreten und als charakteristisch für den Kern angesehen werden müssen. So können nämlich im Kern unterschieden werden: a) das Kerngerüst, b) die Kernkörperchen, c) der Kernsaft, d) die Kernmembran.

ad a) Innerhalb des den Kern durchziehenden Gerüstes können vor allem zwei Substanzen voneinander gesondert werden, die enge Wechselbeziehungen zueinander aufweisen, aber ein verschiedenes Verhalten Farbstoffen gegenüber zeigen. Die eine Substanz nämlich besitzt zu gewissen Farbstoffen bedeutende Affinität, ist leicht färbbar und wird deswegen als chromatische Substanz oder Chromatin bezeichnet, die andere verhält sich im Gegenteil indifferent gegen Farbstoffe, erscheint demnach als eine schwer färbbare oder achromatische Substanz. Das Chromatin ist die für den Kern charakteristische Substanz, die unter dem Mikroskop am meisten in die Augen springt. Mit dem Namen Chromatin verknüpfen wir einen morphologischen Begriff, keinen chemischen, da diese Substanz kein chemisch einheitlicher Körper ist, sondern denjenigen phosphorhaltigen Eiweißverbindungen zugezählt werden muß, die man als Nukleoproteide bezeichnet. Wie alle Nukleoproteide enthält auch das Chromatin

Schwefel, Phosphor und organisch gebundenes (maskiertes) Eisen. Von den Nukleoalbuminen unterscheiden sich die Nukleoproteide dadurch, daß sie Nukleinsäure enthalten und mit verdünnten Säuren gekocht neben Phosphor und gewissen Kohlehydraten sog. Purinstoffe (Adenin, Guanin, Xanthin, Hypoxanthin) und Pyrimidinstoffe als Spaltungsprodukte liefern. Da Nukleoproteide Verbindungen von sehr wechselndem Eiweißgehalt sind, können sie verschiedene Mengen von Nukleinsäure und gleichzeitig Phosphor enthalten. Das Chromatin ist wie alle Eiweißkörper sauerbasischer Natur und so wie bestimmte Eiweißkörper vorzugsweise nach der einen, andere dagegen nach der anderen Seite hin reagieren können, können auch die als Chromatine bezeichneten Substanzen teils stärker sauer reagieren und die basischen Farbstoffe bevorzugen — Basichromatin, teils stärker basisch sich verhalten und die sauren Farbstoffe begieriger aufnehmen — Oxychromatin (doppelte Chromatophilie des Kerns, M. Heidenhain). (Über basische und saure Farbstoffe siehe Technik.) Dieses verschiedene Verhalten gegen Farbstoffe ist vom Phosphorgehalte abhängig; im Basichromatin hätten wir es so mit phosphorreichen, im Oxychromatin mit phosphorarmen Verbindungen zu tun (M. Heidenhain).

Chromatin ist ein veränderlicher Körper, welcher durch Aufnahme oder Abgabe von Phosphor seine Färbbarkeit verändern kann. Deshalb wechselt auch die Affinität des Chromatins gegenüber den basischen und sauren Teerfarbstoffen und ist abhängig von gewissen physiologischen Zuständen des Kerns oder der Zelle. Kerne, welche in keine mitotische Teilung mehr eintreten sollen, sind gewöhnlich arm an Basichromatin, dagegen reich an Oxychromatin, wie die Kerne der Nervenzellen. Das Oxychromatin verschwindet während der Prophase der indirekten Teilung, um in den Tochterkernen wieder aufzutreten. Die beiden Chromatine sind in den Kernen verschiedener Gewebsarten in verschiedenem Mischungsverhältnis vorhanden. Die Menge und die Verteilung des Chromatins in Zellkernen verschiedener Gewebe liefern verschiedene, für die Zellen der betreffenden Gewebe charakteristische Bilder.

Das Chromatin tritt innerhalb des Kerngerüstes in Gestalt unregelmäßiger Massen auf, die entweder voneinander getrennt liegen oder zu einem einheitlichen Netz verbunden erscheinen und in ihrer Gesamtheit das sog. Chromatingerüst ausmachen.

Die Forschungen von Altmann, M. Heidenhain und Eisen haben gezeigt, daß alle Chromatinbalken und -klumpen aus feinen Chromatingranulis bestehen, den Chromiolen (Eisen), von denen sich zwei Arten nachweisen lassen: die basophilen und die oxyphilen. Sie sind in der schwer färbbaren Grundmasse des Kerngerüstes derart verteilt, daß die basophilen Chromiolen in den gröberen, die oxyphilen

aber in den feineren Bälkchen derselben liegen. Die Chromiolen pflegen gewöhnlich in größeren Komplexen aufzutreten, so daß sie sich unserem Auge in Form von Bröckchen darbieten, den Karyosomen. Die Chromiolen selbst sind äußerst kleine, 0,3—0,4 μ messende runde Kügelchen, welche die wahren morphologischen Elementarbestandteile des Chromatins bilden und den Altmannschen Granulis entsprechen. Wahrscheinlich kommt ihnen die Fähigkeit zu, während der Wachstumsperiode sich durch Teilung zu vermehren. Sie sind frei suspendiert in der schwer färbbaren Grundmasse, der achromatischen Substanz, welche Linin oder Plastin genannt wird und die Form eines zarten Gerüstwerkes hat. Das Linin ist demnach die Grundsubstanz des Kerngerüstes, es ist die formgebende und gestaltende Substanz der Kernstruktur. Von der Gestaltung des Linins hängt die Struktur des ruhenden sowohl als auch des in Teilung begriffenen Kerns ab. Nach M. Heidenhains Ansicht läßt die Beobachtung der mitotischen Teilung in dem Linin eine mit Kontraktilität begabte Substanz vermuten. Linin (Plastin) zeichnet sich durch große Resistenz Säuren und Alkalien gegenüber aus, sowie durch neutrales Verhalten gegen Farbstoffe.

So sind also Chromatin und Linin die zwei Substanzen, die das Kerngerüst bilden.

ad b) Kernkörperchen, Nukleolen, sind stark glänzende, scharf abgesetzte, durch außerordentliche Dichte und Festigkeit gekennzeichnete Körperchen von abgerundeten Oberflächenformen. Die Mehrzahl der Autoren ist der Meinung, daß die Nukleolen frei liegen, in keinerlei Weise an das Chromatin-Liningerüst gebunden. M. Heidenhain dagegen glaubt, daß wenigstens bei den Körperzellen die Nukleolen stets in das Gerüst eingelagert und von einer chromatischen Schale umgeben sind, die ihrerseits wiederum kontinuierlich mit dem Kerngerüst in Zusammenhang steht.

Die Substanz, aus welcher die Nukleolen aufgebaut sind, wird als Pyrenin oder Paranuklein bezeichnet und ist gekennzeichnet durch bedeutende Resistenz gegen künstliche Verdauung. Sie erscheint Alkalien gegenüber beträchtlich widerstandsfähiger als das Chromatin, das sich schon in dünnen Alkalien auflöst. Beim Kochen mit verdünnten Säuren gibt Pyrenin keine Xanthinbasen; es hat eine bedeutende Affinität zu sauren Farbstoffen, ist also oxyphil.

Die Anzahl der Nukleolen im Kern ist eine verschiedene: entweder trifft man ein größeres oder mehrere kleinere Kernkörperchen. Nach Flemming beträgt ihre Zahl bei gewöhnlichen Gewebezellen 1—5, selten über 8. Es sind aber, insbesondere bei niederen Tieren, Zellen bekannt, bei denen die Anzahl der Kernkörperchen eine viel größere ist.

Gewöhnlich sind die Nukleolen strukturlos, doch können in großen Nukleolen (z. B. in Eizellen) Körner erscheinen, die sich intensiver färben (Nukleolini) oder auch Vakuolen, welche dafür sprechen sollen, daß von den Nukleolen gewisse, für den Kern oder das Protoplasma bestimmte Substanzen produziert werden.

Die Kernkörperchen können in gewissen Perioden der Zelltätigkeit, z. B. während der Zellteilung oder der Sekretion schwinden. An ihnen sind auch amöboide Bewegungen, Teilungs- und Verschmelzungserscheinungen beobachtet worden, in Drüsenzellen Ausstoßung der Nukleolarmasse. Was die biologische Bedeutung der Nukleolen anbetrifft, so bestehen zwischen Nukleolen und Chromatin Stoffwechselbeziehungen (Rückert), es existiert nämlich ein sehr enges Verhältnis zwischen der Menge der Nukleolarsubstanz und der des Chromatins, was Haecker Veranlassung gab, die Nukleolarsubstanz für ein Produkt des Kerns anzusehen.

Diese echten Nukleolen müssen von den Pseudonukleolen getrennt werden, welche nichts anderes sind als Anhäufungen von Chromatin in Form von großen Körnern.

ad c) Der Kernsaft ist eine flüssige Eiweißsubstanz, die alle Lücken und Maschen des oben beschriebenen Kerngerüstes ausfüllt (Fig. 2).

ad d) Die Kernmembran bildet den Gegenstand eines noch immer viel umstrittenen Problems, da ein Teil der Autoren noch gegenwärtig das Vorhandensein einer wirklichen Membran geradezu verneint, welche den Kern vom Zytoplasma trennen würde. Unter den Anhängern obiger Ansicht müssen unterschieden werden diejenigen, welche an die Existenz einer direkten Kontinuität zwischen der Kernsubstanz und der Protoplasmasubstanz glauben und andere, nach deren Ansicht zwischen beiden Substanzen zwar eine scharfe Grenze besteht, dieser Grenzkontur aber bloß eine Folge des optischen Durchschnitts der wandständigen Partien des Grenzgerüstes ist. Im Gegensatze zu obigen Ansichten nimmt die Mehrzahl der Autoren zwischen Kern und Protoplasma eine wirkliche trennende Membran an, die in Form einer doppelt konturierten Linie auftritt und aus zwei, ja sogar drei Schichten zusammengesetzt ist: die innerste ist verdichtetes Kernchromatin, die mittlere ist eine spezifische Substanz, das Amphipyrenin (Schwarz), und die äußere besteht aus einer an den Kern angrenzenden Partie des Zytoplasmas. Jedenfalls müßte die in Rede stehende Hülle sehr elastisch sein, da sie Änderungen der Kerngestalt zuläßt, z. B. in Wanderzellen. In gewissen Lebensperioden der Zelle (während der mitotischen Teilung) schwindet die Kernmembran. Das als Bestandteil der Kernmembran angeführte Amphipyrenin soll durch bedeutende Widerstandsfähigkeit Reagenzien gegenüber ausgezeichnet und schwer löslich sein.

Es muß betont werden, daß es neben Kernen mit kompliziertem Bau, welche alle diese Bestandteile aufweisen, auch in einer bestimmten Richtung differenzierte Kerne gibt, deren Bau sich viel einfacher gestaltet; als Beispiel einfach gebauter Kerne seien nur die Köpfe der Samenfäden angeführt, die ja Zellkerne sind und als kompakte homogene Chromatinkörper auftreten.

Das Studium verschiedener Kerne zeigt uns, daß ihre Struktur eine weitgehende Mannigfaltigkeit aufweist. Das eine Mal finden wir einen fädigen Bau, das andere Mal eine Netzstruktur, andere wiederum offenbaren alveolären Bau oder endlich granuläre Struktur, so daß auch auf den Kern alle die oben bezüglich des Protoplasmabaues erörterten Anschauungen Anwendung finden können.

In den verschiedenen Phasen des Zellebens kann der Kern nicht nur gewissen Änderungen hinsichtlich seiner Gestalt und seines Verhaltens Farbstoffen gegenüber (Oxy- und Basichromatin) unterliegen, sondern er kann auch in seiner Struktur wesentliche Differenzen erkennen lassen, so daß also einem gewissen Funktionszustand der Zelle auch ein bestimmtes Strukturbild des Kernes entspricht. Deshalb müssen wir für den Kern gleichwie für das Protoplasma einen Polymorphismus annehmen. Die Kerne der Drüsenzellen geben ein treffendes Beispiel einer derartigen Veränderlichkeit im Kernbau ab.

Es ist experimentell erwiesen, daß der Kern für das Leben und die Verrichtung der Zellfunktionen unentbehrlich ist. Heute sind wir schon berechtigt zu behaupten, daß an allen Lebensfunktionen neben dem Protoplasma auch der Zellkern Anteil hat, so daß also beide Bestandteile der Zelle in allen Lebensphasen zusammenwirken, wobei Kern und Protoplasma augenscheinlich in ständiger Wechselbeziehung zueinander stehen.

Untersuchungen der letzten Jahre haben vor allem eine intensive Beteiligung des Kerns an der sekretorischen, absorptiven und formativen Tätigkeit der Zellen ergeben.

Die oben erwähnten Vorgänge sind am besten bei wirbellosen Tieren und den niederen Vertebraten erforscht. Auf diese Verhältnisse werden wir noch bei der Besprechung der Drüsenzellen zurückkommen. Hier wollen wir uns mit einigen Bemerkungen begnügen, wobei wir uns hauptsächlich auf die Arbeiten von Garnier und Maziarski stützen. Es zeigt sich, daß während der Sekretion der Drüsenzellen ein Übertritt von Kernsubstanzen (Chromatin und Nukleolarsubstanz) in das Zytoplasma stattfindet, wobei diese Substanzen innerhalb des Zytoplasmas aufquellen und sich in das eigentliche Drüsensekret oder doch einen Teil desselben umwandeln. Der Übergang dieser Stoffe aus dem Kern kann, nachdem sie sich im Kern aufgelöst haben, auf osmotischem Wege geschehen oder aber es können diese Substanzen

in Gestalt von Körnern oder Kügelchen direkt die äußerst zarte Kernmembran passieren. Die vom Kerne stammenden, in das Zytoplasma übergetretenen Substanzen werden nicht immer in einer Sekretionsphase vollständig verbraucht, sondern können im Zellkörper als Vorrat für die nachfolgenden Phasen verbleiben. Es sind nämlich in gewissen Drüsenzellen neben dem Kerne gelegene Fibrillen beschrieben worden, welche von den Autoren verschieden bezeichnet wurden, und zwar als Basalfilamente (Solger), Ergoplasma (Dawidoff) und Ergastoplasma (Garnier). Diese fibrillären Gebilde sind nun gleichsam Vorratsreservoire von Chromatin, welches nachträglich je nach Bedarf an das Protoplasma zwecks Umsetzung in Sekret abgegeben wird. Im Sekretionsstadium der Zelle färben sich obige Fibrillen durch basische, im Ruhestadium aber durch saure Farbstoffe.

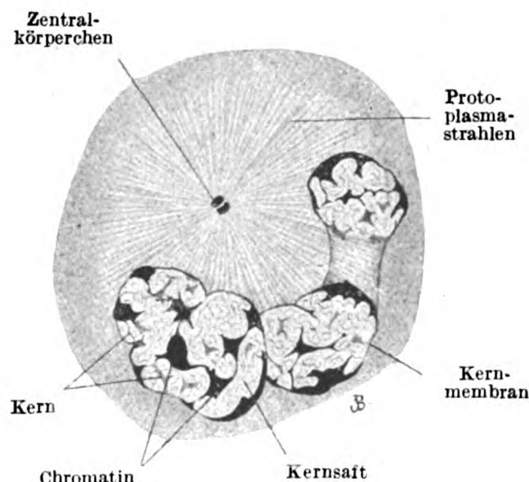


Fig. 10. Leukozyt aus der Milz von Proteus. Nach Siedlecki.

Sehr starke Vergrößerung. Die Protoplasmastrahlen inserieren an dem Zentrosoma. Das Zentrosoma enthält zwei Zentralkörperchen. Das Kerngerüst ist gut zu sehen.

Als weitere konstante Zellbestandteile wären dann noch die Zentralkörperchen oder die Zentriolen zu nennen (Fig. 2 und 10). Durch die Untersuchungen der letzten Jahrzehnte (van Beneden 1876, Flemming, M. Heidenhain, Zimmermann, Meves, van der Stricht, Cohn u. v. a.) ist mit ziemlicher Sicherheit nachgewiesen, daß sich Zentriolen wohl in allen Zellen finden, wenn auch ihr Nachweis nicht immer leicht gelingt. Die Zentralkörperchen treten meist in Form von zwei scharf umgrenzten, drehrunden, außerordentlich kleinen Körperchen auf und werden dann als Diplosom bezeichnet. Sie sind oft so eng zusammengelagert, daß sie sich gegenseitig abplatten und dann scheibenförmig erscheinen; manchmal finden sie sich auch in Form von kurzen oder längeren Stäbchen.

Durchschnittlich sind sie kleiner als 1 μ, beispielsweise messen sie bei Leukozyten nur 0,2—0,8 μ (M. Heidenhain). Die kleinsten von ihnen sind, wenn ihr Durchmesser bis auf 0,2 μ herabsinkt, schon an der Grenze des Sichtbaren angelangt. Ihre Größe steht, wie es scheint, in gar keinem ersichtlichen Verhältnis zur Zellgröße. Sie nehmen in gewissen Zellen, z. B. in den Leukozyten, eine zentrale Stellung ein, liegen in der Nähe des Zellkernes, wobei der Kern nicht selten eine

Einbuchtung zeigt, in welcher dann die beiden Körperchen gelegen sind. In anderen Fällen liegen die Zentriolen in bedeutender Entfernung vom Zellkern, ja sie können sogar bis an die Oberfläche des Zellkörpers rücken, was besonders bei den Zylinderepithelzellen der Fall ist. Viele Zellen enthalten drei Zentriolen; in manchen Zellen können sie sogar in großer Zahl vorhanden sein, wie in den Riesenzellen des Knochenmarks, in denen M. Heidenhain ihre Zahl auf 200 bis 300 schätzt, wobei sie mehrere Gruppen bilden. Diese oft recht zahlreichen Zentralkörperchen werden in ihrer Gesamtheit von M. Heidenhain als Mikrozentrum bezeichnet. Die Zentralkörperchen können so im Protoplasma liegen, daß rings um sie keine Differenzierung im Zytoplasma auftritt, z. B. in vielen Epithelzellen. In anderen Fällen sehen wir benachbarte Plasmabezirke in nähere Beziehung zu den Zentralkörperchen treten, indem sie strahlige oder konzentrische Differenzierungen erkennen lassen. So liegen in ruhenden Zellen häufig die Zentriolen inmitten eines vom Zellkörper sich scharf abhebenden hellen Hofes, den wir als Zentrosoma bezeichnen. Das Zentrosoma ist in gewissen Fällen homogen, in anderen erscheint es retikuliert, alveolär oder granuliert und bildet unter Umständen den Mittelpunkt eines sonnenartigen Gebildes, der Astrosphäre oder Zentrosphäre. Es gehen nämlich in diesem Fall von dem Zentrosoma radiäre Protoplasmastrahlen in großer Zahl aus, die sich bald im Zellkörper verlieren (Fig. 2 und 10). Diesen strahlenförmig angeordneten Teil des Zellkörpers bezeichnet man zum Unterschied von dem übrigen Protoplasma auch als Archoplasma (Boveri) oder Kinoplasma (Strasburger). Solche Zentrosphären finden sich in Leukozyten, Pigmentzellen, manchen Epithelzellen, vor allem aber in den Eizellen während und nach der Befruchtung und in den durch Teilung der befruchteten Eizelle entstehenden Blastomeren (Furchungszellen).

Welche Rolle die Zentralkörperchen in der Zelle spielen, ist nicht genügend aufgeklärt. Lange galten die Zentralkörperchen als morphologisches und physiologisches Zentrum der Zelle, wobei man sich vor allem auf Erscheinungen der Zellenmitose und auf Untersuchung solcher Zellen stützte, welche gewisse Bewegungen ausführen (Flimmer- und Geißelzellen). Gegenwärtig werden gegen diese Auffassung ernste Einwände erhoben. Es zeigte sich nämlich, daß sich in Zellen Strahlensysteme ohne Vorhandensein besonderer Zentren bilden können und daß die sog. Basalkörperchen der Flimmerzellen, von denen man die Bewegungen der Flimmern abhängig machte, den Zentralkörperchen nicht entsprechen (s. u. Flimmerzelle).

Als letzter Zellbestandteil wäre schließlich der sog. innere Golgische Netzapparat (Apparato reticolare interno) noch zu besprechen, der gegenwärtig in beinahe allen Zellen nachgewiesen worden ist. Der Netzapparat wurde von Golgi (1898) in den Nervenzellen

der Wirbeltiere nach spezieller Fixierung und Silberimprägnierung der Gewebe entdeckt und später auch von Kopsch durch Behandlung mit Osmiumsäure nachgewiesen. Bergen hat dann seine Existenz auch in anderen Zellenarten erwiesen.

Der Netzapparat besteht aus feinen, ungleichmäßig dicken Fibrillen, die sich gewöhnlich zu einem Geflecht mit unregelmäßigen Maschen verbinden. In Zellen mit exzentrischen Kernen, also in der Mehrzahl der Zellen, liegt der Netzapparat polar, in Gestalt eines aus Fäden bestehenden Knäuels, nimmt in der Regel die Stelle der stärksten Protoplasmaansammlung ein und paßt sich in seiner Form der Zelle, in der er liegt, an. Mit dem Alter der Zelle, vor allem bei Zellen mit zentral gelegenem Kern, welche die Teilungsfähigkeit verloren haben (z. B. in den Zellen der Spinalganglien), geht der Netzapparat aus seiner polaren Lage in die zirkumnukleäre über und bildet oft einen den Kern umgebenden Korb (Weigl, Deineka) (Fig. 11—20).

Die letzten Jahre haben immer zahlreichere Forschungsergebnisse gebracht, die homologe Gebilde auch in Zellen der Wirbellosen nachwiesen und dieselben mit dem Netzapparat der Wirbeltiere identifizierten, obgleich sie oft von letzterem dem Anscheine nach beträchtlich differieren und in Form von gewundenen diffus im Plasma zerstreuten Fäden, Ringen und Klümpchen auftreten (Weigl).

Weitere wichtige Aufklärungen verdanken wir den Untersuchungen Perroncitos, der das Verhalten dieses Apparates während der Spermiogenese bei verschiedenen Tieren studierte. Er zeigte, daß der Apparat an der mitotischen Zellteilung (siehe weiter) teilnimmt, daß sogar in ihm die Zellteilungsvorgänge früher als im Kern beginnen. Der Netzapparat erfährt dabei eine ganze Reihe von gesetzmäßigen Veränderungen, die an Änderungen erinnern, denen das Chromatin während der Mitose unterliegt, und die zu einer gleichmäßigen Verteilung der Masse des mütterlichen Netzapparates auf zwei Tochterzellen führen. Diesen von Perroncito als Diktokinesis bezeichneten Prozeß beobachtete Deineka auch während der Mitose der Epithel- und Bindegewebszellen.

Aus der Tatsache, daß der innere Netzapparat in keiner bislang untersuchten Zellkategorie fehlt und in den verschiedenen Lebensperioden der Zelle erhalten bleibt, kann man den Schluß ziehen, daß der Apparat ein wesentlicher Zellbestandteil ist. Es unterliegt auch keinem Zweifel, daß der Netzapparat eine wichtige Rolle im Leben der Zelle spielt und ein richtiges Zellorgan bildet; seine Bedeutung und Bestimmung muß aber zur Zeit als noch nicht näher aufgeklärt gelten.

Die Annahme von Meves und Duesberg, daß der Netzapparat nur ein Teil des Chondrioms der Zelle darstelle, muß nach den Untersuchungen von Weigl und Perroncito als irrig bezeichnet werden (Fig. 21). (Siehe Erläuterung zur Fig. 21.)

Sjövalls und Weigls Untersuchungen ergaben, daß der Netzapparat im wesentlichen aus Lipoiden besteht, und zwar wahrscheinlich aus einer Verbindung von Lezithin und Eiweiß (Lezithinalbumin) gebildet wird, die durch Osmiumsäure konserviert und bei längerer Einwirkung derselben geschwärzt wird. Wenn dagegen zur Fixierung Reagenzien in Anwendung gelangen, die Lezithin nicht konservieren (Alkohol, Formol, Sublimat), so werden die Zerfallsprodukte dieser Substanz ausgelaugt und an Stelle des Apparates treten dann oft helle Kanälchen, die von Holmgren als Trophospongienkanälchen beschrieben wurden und gleichsam das Negativbild des Golgischen Netzapparates darstellen (Fig. 21).

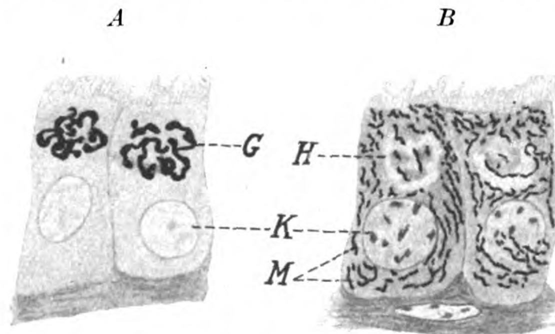


Fig. 21. Epithelzellen des Nebenhoden der Maus. Ca. 750 mal vergrößert.

A Nach Behandlung von Kopsch (Sjövall).
G Golgischer Netzapparat.
K Kern.

B Benachbarter Schnitt desselben Präparates nach Entfärbung des Netzapparates mittels Kali hypermanganicum und Färbung der Mitochondrien mit Eisenhämatoxylin.
H Negativ des Golgischen Netzapparates = Holmgrensche Trophospongienkanälchen.
M Mitochondrien.
K Kern.
(Nach Präparaten von Dr. Weigl.)

Zu diesen vier, in der tierischen Zelle stets vorhandenen Bestandteilen treten dann noch einige andere akzessorische hinzu, die nur in gewissen Fällen vorkommen.

In erster Linie muß da die Zellhaut oder Zellmembran genannt werden. Während die allermeisten pflanzlichen Zellen eine vom Zellkörper deutlich abgegrenzte und chemisch differente Zellmembran besitzen, kommt eine solche bei der tierischen Zelle nur in den seltensten Fällen zur Ausbildung, so daß die tierische Zelle im allgemeinen als nackt gelten muß.

Allerdings nimmt die Außenschicht des Zellkörpers meist eine etwas festere Konsistenz, ein etwas dichteres Gefüge an, als die mehr zentral gelegenen Partien, und wir können deshalb von einem die Zelle nach außen abgrenzenden Ektoplasma sprechen. Tritt eine solche äußere Grenzschicht stärker hervor, ohne daß sie sich gegen den übrigen Zellkörper scharf absetzt, so daß sie ähnlich wie die Brotkruste allmählich in die Brotkrume übergeht, so können wir sie mit F. E. Schulze als Krusta bezeichnen. Setzt sie sich dagegen auch nach innen scharf ab, so haben wir eine echte Zellmembran, eine Pellikula, vor uns.

In manchen Fällen kann die Zellmembran nur auf eine Oberfläche beschränkt sein; dies findet sich bei Epithelzellen, welche dicht aneinander gereiht an der freien Oberfläche von einer Membran bedeckt werden, die wir als Kutikula bezeichnen.

In welcher Form die Zellmembran auch erscheinen mag, sie ist immer ein Produkt des Zellkörpers, und zwar entweder eine Umbildung der Oberflächenschicht des Zytoplasmas oder eine Ausscheidung desselben. Wenn die Zellen an ihrer Oberfläche eine solche von dem Zytoplasma verschiedene Substanz in bedeutenderem Maße ausscheidet, so kommt es zur Ablagerung derselben zwischen die Zellen und wir sprechen dann von einer Interzellularsubstanz.

Andere spezielle Produkte, resp. Organe der Zellen, wie Geißel, Flimmer, Bürstenbesatz u. dgl., werden weiterhin in den entsprechenden Kapiteln besprochen.

Somit hätten wir die wichtigsten Bestandteile der Zellen kennen gelernt und wollen uns nun einer kurzen Betrachtung ihrer wichtigsten Lebensäußerungen zuwenden, soweit sie mittels mikroskopischer Untersuchung wahrzunehmen sind [1]). Aus einer Reihe von Beobachtungen morphologischer Veränderungen in den Zellen können nämlich gewisse Schlußfolgerungen auf die Lebensprozesse der Zelle gezogen werden.

Alle Lebensäußerungen der Zelle lassen sich zurückführen auf vier Grundeigenschaften:

1. die der Bewegung,
2. die der Reizbarkeit,
3. die Fähigkeit der Assimilation und Absonderung (Stoffwechsel) und
4. das Vermögen der Fortpflanzung.

ad 1. Die Bewegungsvorgänge, welche sich in und an dem Zellkörper abspielen, scheinen ausschließlich vom Protoplasma auszugehen, da wir sie auch noch an Teilen des Zellkörpers wahrnehmen können, die durch mechanische Eingriffe vom Kern losgetrennt wurden. Vier verschiedene Arten der Bewegung können unterschieden werden:

a) Die amöboide Bewegung beruht darauf, daß der Zellkörper Fortsätze (Pseudopodien) aussendet, welche an der Unterlage festhaften und dann den übrigen Teil des Zellkörpers nach sich ziehen, woraus eine Ortsänderung des ganzen Organismus resultiert. Bei längerer Beobachtung einer solchen Zelle unter dem Mikroskop erblickt man einen fortwährenden Formwechsel, indem die Pseudopodien an einer Stelle ausgeschickt, an einer anderen wiederum eingezogen werden. Die Bewegung erfolgt allerdings meist so langsam, daß schon einige Geduld zu ihrer Beobachtung gehört. Am einfachsten kann man die Gestaltsveränderung feststellen, wenn man die Zellform in verschiedenen Zeitintervallen skizziert (Fig. 22).

Die amöboide Bewegung dient einmal zur Ortsveränderung; im allgemeinen ziemlich langsam, kann dieselbe bei manchen einzelligen Organismen doch so schnell vor sich gehen, daß die Zelle im Laufe weniger Minuten das Gesichtsfeld des Mikroskops verläßt. Zweitens aber dient die amöboide Bewegung auch der Nahrungsaufnahme. Die ausgestreckten Pseudopodien umfließen kleine Nahrungskörper und lassen sie in das Zellinnere gleiten. Wir finden die amöboide Bewegung in ihrer ausgeprägtesten Form bei der niedersten Klasse der Protozoen, den Rhizopoden, zu deren schalenlosen nackten Formen die Amöben gehören. Aber auch bei Säugetieren und beim Menschen bieten uns manche Zellen die Erscheinung dieser Bewegung, besonders die frei in der Blutflüssigkeit suspendierten weißen Blutkörperchen (Leukozyten),

[1]) Wer sich näher und eingehender über dieses wichtige und interessante Kapitel der Biologie informieren will, dem sei das Studium der Werke von O. Hertwig, Verworn und Gurwitsch empfohlen.

die vermittels ihrer Bewegung die Gefäßwand durchsetzen, in das angrenzende Gewebe eindringen und in demselben weite Strecken zurücklegen können. Die weißen Blutkörperchen vermögen auch feste Partikel in sich aufzunehmen und unschädlich zu machen, wodurch sie als Schutzvorrichtung des tierischen Organismus gegen fremde Eindringlinge, beispielsweise Bakterien, eine wichtige Rolle spielen. Diese Fähigkeit der Leukozyten, fremde Partikel zu verschlingen, hat Metschnikoff entdeckt; der Vorgang erhielt von ihm den Namen Phagozytose.

b) Die Flimmerbewegung erfolgt mittels besonderer, aus dem Zellkörper hervorragender Flimmern oder Geißeln. Ist eine derartige Zelle vonNatur frei (Infusorien) oder durch künstliche Isolierung frei geworden, so werden die Bewegungen der schlagenden Flimmern oder Geißel eine Fortbewegung der ganzen Zelle zur Folge haben. Diese Bewegungsart wird uns im Kapitel „Epithelgewebe" näher beschäftigen.

c) Die dritte Bewegungsart, die Muskelkontraktion, ist nur gewissen Zellen, den Muskelzellen, eigen — wird deshalb weiter unten bei Besprechung dieser Zellen erörtert werden.

d) Innerhalb des Zellkörpers begegnen wir noch zwei verschiedenen Bewegungsformen, die sich am Protoplasma abspielen und uns hauptsächlich durch die Verschiebung, das Strömen deutoplasmatischer Körnchen erkennbar werden. Beide

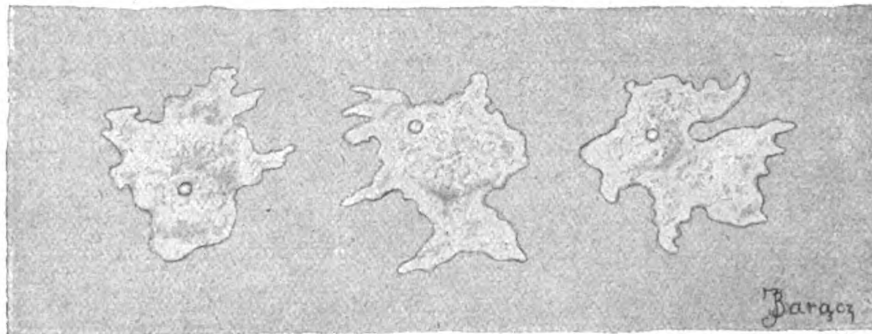


Fig. 22. Lymphkörperchen des Frosches auf dem heizbaren Objekttisch untersucht.
Die Umrisse der Zelle sind alle zwei Minuten skizziert. Eine Vakuole ist zu sehen.
Ca. 1500mal vergrößert.

Bewegungsformen lassen sich vor allem in Pflanzenzellen verfolgen und werden als Zirkulation und Rotation unterschieden. Die Rotationsbewegung tritt in Zellen auf, deren Zytoplasma auf einen Wandbelag reduziert ist. Man sieht die Körner in derselben Richtung an der Innenfläche der Zellmembran dahingleiten und eine kreisförmige Bahn beschreiben. Vor allem an Wasserpflanzen ist die Rotation leicht und schön zu beobachten. Die Zirkulationsbewegung hingegen erscheint in Zellen, die große, mit Flüssigkeit ausgefüllte Vakuolen besitzen, die also neben einer wandständigen Zytoplasmaschicht zarte, von der Zellwand durch das Zellinnere verlaufende Plasmastränge erkennen lassen. In solchen Zellen werden sowohl in dem dünnen zytoplasmatischen Wandbelag als auch in den Strängen oft in entgegengesetzter Richtung dicht nebeneinander strömende Körnerreihen sichtbar. Diese Bewegungsart ist hauptsächlich in den Zellen der Landpflanzen vorzufinden. Tradescantia virginica bildet ein besonders günstiges Objekt für das Studium der Zirkulation.

Außer diesen aktiven Bewegungsarten werden im Zellkörper aber auch noch andere Bewegungsformen beobachtet, die mit der Lebensfähigkeit der Zelle nichts zu tun haben. Werden innerhalb einer Flüssigkeit sehr kleine Partikelchen suspendiert, so führen sie kaum merkliche zitternde Bewegungen aus, lediglich infolge der kleinen Stöße, welche auf die Körnchen von den in fortwährender Bewegung sich befindenden Flüssigkeitsmolekülen ausgeübt werden. Solche passive Bewegungen werden als Brownsche Molekularbewegung bezeichnet.

In bezug auf die Bewegungsfähigkeit des Kernes läßt sich sagen, daß in verschiedenen Zellen (z. B. in Ei- und Drüsenzellen) Bewegungen des Kernes beobachtet worden sind, die von manchen als aktive, von anderen aber als passive Bewegungen angesehen werden.

ad 2. Unter Reizbarkeit (Irritabilität) der Zelle wird ihre Fähigkeit verstanden, Reize, die sie von außen her treffen, zu beantworten, auf derartige Reize zu reagieren. Diese Reize können verschiedener Natur sein. So gibt es mechanische, chemische, thermische, elektrische und Lichtreize. Auf solche Reize antwortet die Zelle entweder durch eine Erregung, d. h. eine Steigerung ihrer Lebensäußerungen oder durch eine Lähmung, d. i. eine Herabsetzung, Abschwächung der Lebenserscheinungen. Das erstere findet im allgemeinen bei schwächeren, kurz andauernden Reizen statt, das letztere tritt hingegen bei sehr starken Reizen und langer Dauer derselben ein. Überschreitet die Intensität des Reizes eine bestimmte Höhe, so zieht dies den Tod der Zelle, d. h. das Aufhören sämtlicher Lebenserscheinungen, nach sich.

Werden einzellige Organismen, z. B. Bakterien, Infusorien oder frei bewegliche Zellen höherer Organismen, z. B. die Samenfäden von bestimmten Reizen (z. B. Sauerstoff, Apfelsäure) einseitig getroffen, so reagieren sie derart, daß sie sich entweder von der Reizquelle entfernen oder sich ihr nähern. Tritt diese Erscheinung unter dem Einfluß chemischer Reize auf, so bezeichnen wir sie als Chemotaxis (Chemotropismus) und unterscheiden zwischen einer positiven Chemotaxis, wenn eine Annäherung an die Reizquelle erfolgt, und einer negativen Chemotaxis, wenn eine Entfernung von der Reizquelle stattfindet.

Körper von sehr verschiedener Zusammensetzung können gleiche Erscheinungen an den Zellen auslösen: so antworten Flimmerzellen oder Muskelzellen sowohl auf Säuren als auch auf Alkalien als auch auf Salze durch erhöhte Tätigkeit. Andere Stoffe dagegen, die wir als Narkotika oder Anästhetika bezeichnen, wirken ausgesprochen lähmend, wie Chloroform, Äther, Chloralhydrat, Curare, Morphium und viele andere. Unter den mechanischen Reizen spielt die größte Rolle die Erhöhung des Druckes, auf welche die Zellen in der verschiedensten Weise antworten, meistens im Sinne der Erregung. Auch die Erhöhung der Temperatur wirkt allgemein als Erregung, aber nur bis zu einem gewissen Punkte, dann tritt Starre ein. Erniedrigung der Temperatur wirkt lähmend, denn mit dem Sinken der Temperatur sinkt auch die Intensität der Lebensprozesse. Die Fähigkeit, auf Lichtreize zu reagieren, kommt bei den höheren Tieren hauptsächlich den Zellen bestimmter Sinnesorgane zu. Der elektrische Strom stellt in seiner Wirkung die bei weitem am besten gekannte Reizquelle dar, er ist das Reizmittel par excellence der Physiologen. Jede Steigerung der Intensität des verwendeten Stromes wirkt auf die Zellen reizend, sie antworten auf dieselbe in der allerverschiedensten Weise.

ad 3. Unter Stoffwechsel verstehen wir die Fähigkeit der Zelle, die ihr von außen her zugeführten Nahrungsstoffe aufzunehmen, sie in bestimmter Weise zu verarbeiten und sie entweder zu ihrem eigenen Aufbau zu verwenden oder an andere Zellen weiter zu geben. Bei dieser Tätigkeit werden von der Zelle Stoffe produziert, welche ihr selbst schädlich sind und deshalb aus dem Organismus beseitigt werden müssen.

ad 4. Die Fortpflanzung der Zelle. Obgleich die Fortpflanzung der pflanzlichen Zelle durch Teilung schon von Dumortier und von Mohl annähernd richtig beobachtet und beschrieben worden war, also schon vor Schwann, dem Entdecker der tierischen Zelle, annäherungsweise bekannt war, hatte letzterer doch noch ganz falsche Vorstellungen von der Zellfortpflanzung. Er ließ die jungen Zellen im Innern und zwischen den Zellen aus einem formlosen Keimstoff, dem sog. Zytoblastem, sich entwickeln. Erst die Untersuchungen von Koelliker, Remak u. a. stellten die unumstößliche Tatsache fest: eine Zelle kann sich nur so vermehren, daß sich zunächst der Kern und dann der Zellkörper teilt, und daß jede der beiden Tochterzellen die Hälfte der Kern- und die Hälfte der Zellensubstanz der mütterlichen Zelle mitbekommt. Diese Lehre fand ihren Ausdruck in dem kurzen Satze Virchows: Omnis cellula e cellula, der noch durch eine zweite These: Omnis nucleus e nucleo (Flemming) ergänzt wird.

Heute wissen wir, daß die tierische Zelle sich auf zwei verschiedene Arten teilen kann, auf dem Wege der direkten Teilung (Amitose) oder auf dem Wege der indirekten Teilung (Mitose).

Die ungleich häufigere und typische Teilungsweise einer in voller Lebenskraft stehenden Zelle scheint die indirekte Teilung zu sein und diese wollen wir deshalb auch zunächst besprechen.

a) Indirekte Teilung (Mitose, Karyokinese).

Die indirekte oder mitotische Teilung ist ein außerordentlich komplizierter Prozeß, charakterisiert durch eine ganze Reihe am Kerne und Protoplasma ablaufender Vorgänge, welche beide infolge einer Auflösung der Kernmembran in engere Wechselbeziehung zueinander treten. Als wichtigstes Moment ist der Zerfall des Kernchromatins in mehrere gleich große Segmente, die Chromosomen zu bezeichnen, sowie die Längsspaltung letzterer zum Zwecke einer Verteilung des Chromatins in zwei ganz gleiche Hälften für jede der beiden Tochterzellen. Die Chromosomen erscheinen bei höheren Tieren und beim Menschen gewöhnlich in Form von Schleifen, können aber bei niederen Tieren eine sehr mannigfaltige Gestalt annehmen, erscheinen z. B. als kurze Stäbchen, Kügelchen usw. Ihre Zahl ist bei Zellen verschiedener Tierarten verschieden (2—100), für eine jede einzelne Art aber konstant und charakteristisch. Die menschliche Zelle besitzt wahrscheinlich 24 Chromosomen, ebenso wie die Zelle der Maus, des Frosches und des Salamanders, der Pferdespulwurm dagegen vier (Ascaris megalocephala bivalens) oder nur zwei (Ascaris megalocephala univalens).

Innerhalb des Protoplasmas treten gleichzeitig mit der Chromosomenbildung und -spaltung sehr wichtige Erscheinungen auf, wie die Teilung des Zentralkörperchens, das Erscheinen der strahligen Anordnung des Protoplasmas um die Zentralkörperchen, die Wanderung der Zentriolen zu den Zellpolen und das Auftreten einer sog. Zentralspindel zwischen denselben.

Die Aufklärung dieses sehr komplizierten Prozesses verdanken wir einer ganzen Reihe von Forschern: Flemming, Boveri, M. Heidenhain, Hermann, Meves, Korschelt, van Beneden, van der Stricht, Carnoy, Henneguy, Prenant, Kostanecki, Siedlecki, Vejdowski, Mrazek u. v. a.

Der ganze Prozeß zerfällt in vier Stadien:

1. Die Prophase.
2. Die Metaphase.
3. Die Anaphase.
4. Die Telophase.

In folgendem sollen diese Stadien einzeln kurz erörtert werden.

1. Prophase. Sie ist das Vorbereitungsstadium zur Teilung (Fig. 23 a, b, c, d und e, Fig. 24, 25, 26 und 27). Die ersten Anzeichen dafür, daß der Kern sich zur Teilung anschickt, läßt uns das Chromatingerüst erkennen. Einzelne Chromatinkörnchen und -bröckchen rücken nämlich immer näher und dichter zusammen, ordnen sich jetzt also anders, als sie bisher in dem Liningerüst gelagert waren. Ein Körnchen reiht sich an das andere an, so daß ein unregelmäßig dicker, zu einem Knäuel gewundener zackiger Faden gebildet wird, der sich durch den ganzen Kerninnenraum in vielen unregelmäßigen Windungen zieht.

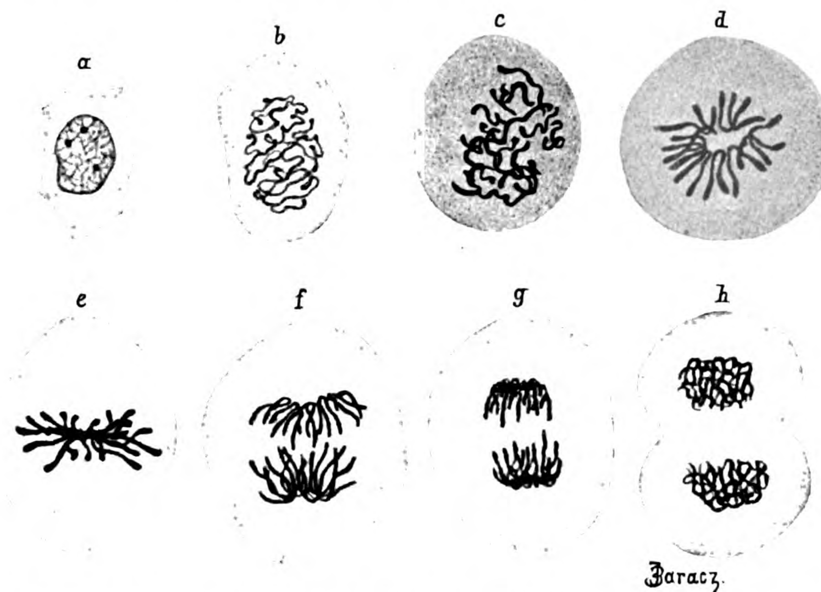


Fig. 23. Kernteilungsbilder in den Epithelzellen der Hornhaut der Froschlarve.

Vergrößerung ca. 1400mal. — Nur der chromatische Teil berücksichtigt.

a) Epithelzelle samt Kern während der Ruhe. b) Dichter Knäuel. c) Lockerer Knäuel. d) Mutterstern (Monaster) von oben gesehen. e) Mutterstern von der Seite gesehen. f) Tochtersterne (Dyaster). g) Die Tochterkerne verschieben sich gegen die Pole. h) Die Tochterkerne bilden den lockeren Knäuel.

Bald jedoch glätten sich die Rauhigkeiten, die Zacken verschwinden und wir haben nun einen gleichmäßig dicken aufgeknäuelten Faden (Spirem, dichter Knäuel) (Fig. 23b). Jetzt findet die Auflockerung des Knäuels auf die Weise statt, daß sich der Faden verdickt und in eine Reihe hintereinander gelegener, gleich langer Teilstücke zerfällt, die Chromosomen (Fig. 23c).

Hand in Hand mit der Ausbildung der Chromosomen verlaufen noch zwei wichtige Veränderungen am Kern. Erstens löst sich nämlich die Kernmembran auf, so daß jetzt die Chromosomen und das Protoplasma engere Wechselbeziehungen eingehen können, und zweitens verschwindet das Kernkörperchen. Über sein Schicksal sind die

Ansichten noch geteilt, wahrscheinlich liefert es Chromatin und wird bei diesem Prozeß gänzlich aufgebraucht.

In den letzten Stadien der Prophase ändern dann auch die Chromosomen sowohl ihre Gestalt als auch ihre gegenseitige Lage. Sie bilden sich bei den höheren Tieren und beim Menschen zu Schleifen um, deren beide Schenkel in mehr oder weniger spitzem Winkel zusammenstoßen. Die Umordnung der Schleifen erfolgt so, daß sie sämtlich mit ihrem geschlossenen Ende sich nach einem Punkte hin richten, den man als das Polfeld (Rabl) bezeichnet.

In diesem Polfeld nun finden sich (seitlich vom Kern) die beiden dicht nebeneinander gelagerten Zentralkörperchen. Rings um sie resp. um das sie einschließende Zentrosoma herum tritt die strahlige Anordnung der Archoplasmafäden auf, welche an Ausdehnung gewinnt, da immer größere Partien des Zelleibes von ihr eingenommen werden. Dann beginnen die beiden Zentriolen auseinander zu rücken, so daß die Verbindungslinie zwischen ihnen parallel zur Kernmembran verläuft. Die sie verbindende helle Substanzbrücke führt den Namen der Zentrodesmose und bildet durch Wachstum und Zerfall in Fasern die Anlage der Zentralspindel (Hermann, M. Heidenhain), welche aus Fasern besteht, die von einem zum anderen Zentralkörperchen ohne Unterbrechung verlaufen. Die Zentralspindel wächst und die Faserzahl steigt. Gegen das Ende der Prophase sind die beiden Zentrosomen so weit auseinander gerückt, daß sie die beiden entgegengesetzten Pole der Zelle einnehmen.

Nach den eben geschilderten Vorbereitungen kommt es zu einer vollständigen Umlagerung der Chromosomen, welche zur Entstehung des sog. Muttersterns, des Monasters, führt. Es gruppieren sich nämlich die Chromosomen in der Äquatorialebene der als Kugel gedachten Zelle; senkrecht zu dieser Ebene steht die Verbindungslinie zwischen den beiden in den Polen gelegenen Zentrosomen. Der geschlossene Teil der Chromosomenschleifen wendet sich nach innen, der offene nach außen. Schaut man diese Teilungsphase von oben, d. h. vom Pole an, so bildet das Ganze eine regelmäßige Sternfigur (Fig. 23d); bei seitlicher Ansicht dagegen macht der Mutterstern den Eindruck einer unregelmäßigen unterbrochenen Platte (Äquatorialplatte — Fig. 23e).

2. Metaphase. Die sich teilende Zelle tritt mit der Bildung des Muttersterns in die zweite der früher unterschiedenen Phasen, die Metaphase (Metakinesis) ein. Jetzt macht sich an den Chromosomen deutlich eine wichtige Veränderung geltend, die oft schon in der Prophase angedeutet ist und darin besteht, daß jedes Chromosom sich der Länge nach in zwei gleiche, dicht nebeneinander liegende und parallel zueinander verlaufende Tochterschleifen spaltet, wodurch die Chromosomenzahl verdoppelt wird. Die Spaltung beginnt an der

Umbiegungsstelle der Schleifen und schreitet langsam ihren freien Enden zu (Fig. 31 und 32).

Die Archoplasmastrahlen, welche von den beiden Zentrosomen ausgehen, lassen in der Metaphase drei Kategorien erkennen; erstens sind es die Zentralspindelfasern, die parallel zur Zellachse vom Zentrosom zum Zentrosom frei den ganzen Kernraum durchsetzen, zweitens die Zug- oder Mantelfasern, welche von den Zentrosomen zu den Chromosomen gehen und sich an den letzteren anheften, drittens gibt es noch Fasern der Polstrahlung, die nach allen Richtungen der Zellperipherie in das umgebende Protoplasma einstrahlen (Fig. 28).

3. Anaphase. Jetzt kommt es zur Trennung der Tochterschleifen, indem die parallel verlaufenden, eng aneinander gelagerten Teilstücke

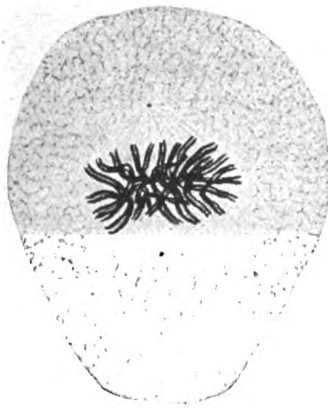


Fig. 31.

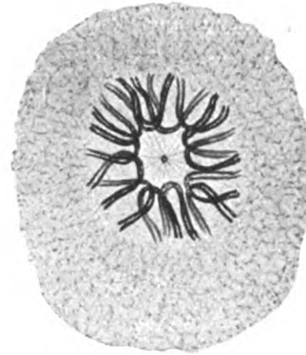


Fig. 32.

Fig. 31—32. Kernteilungsbilder aus dem Amnion der Maus.

Fig. 31. Monaster von der Seite. Fig. 32. Monaster von oben. Die Chromosomen sind längs gespalten (Metaphase). Ca. 1800mal vergrößert.

in der Richtung gegen die Pole hin auseinander weichen (Fig. 23f, g, Fig. 29).

Die Tochterschleifen machen aber, bevor sie die Pole der Zelle erreicht haben, halt, und jede der zwei Tochterchromosomengruppen stellt weiterhin in ihrer Gruppierung ein sternartiges Gebilde dar (Doppelstern, Dyaster), wobei der geschlossene Teil der Schleifen gegen das Zentrosoma, die freien Enden dagegen zur Zellmitte gerichtet sind.

Gewöhnlich werden in dieser Phase die ersten Andeutungen einer Teilung des Zellkörpers sichtbar. In dem Äquator der Zelle, also in der Ebene, in welcher der Mutterstern lag, beginnt sich der Zellkörper allmählich von der Peripherie nach dem Inneren fortschreitend einzuschnüren (Fig. 29).

Jetzt befindet sich jeder der beiden Tochterkerne in einem Stadium, das dem des Mutterkernes am Ende der Prophase entspricht.

4. Telophase. In dieser letzten Phase werden die Tochterkerne des Dyasters in ruhende Kerne umgebildet (Fig. 23h, Fig. 30). Die Tochtersterne geben ihre reguläre Gruppierung auf, die schleifenförmigen Chromosomen durchflechten sich und verbinden sich miteinander zu zwei Spiremen (Dispirem). Der Knäuelfaden ist zuerst ungleichmäßig dick, wird dann zackig und höckerig und zerfällt zuletzt in lauter einzelne Chromatinbröckeln. Der Kern grenzt sich wieder gegen den Zellkörper durch eine nun auftretende Kernmembran ab. Das dicht neben dem Kern gelegene Zentrosoma verliert seine Strahlung und das in ihm liegende Zentriol teilt sich in zwei Zentriolen. Schließlich kann auch das Zentrosoma selbst verschwinden, so daß sich nur noch die beiden Zentriolen neben dem Kern vorfinden. Die Telophase ist also, wie aus dem Obigen erhellt, nichts anderes als eine Umkehrung der Prophase.

Gleichzeitig schnürt sich der Zellkörper völlig durch, so daß nun zwei voneinander gänzlich getrennte Zellindividuen entstanden sind. Dabei werden die Zentralspindelfasern, die ununterbrochen von einem Zentrosom zum anderen verliefen, in der Mitte ihres Verlaufes immer mehr zu einem Bündel zusammengedrängt. Sie stellen dann ein in dem Zelläquator stark komprimiertes Bündel dar, dessen Fasern fächerförmig in beide Zellen ausstrahlen. Innerhalb der Durchschnürungsstelle entwickeln sich in den Fasern kleine Anschwellungen, durch deren Zusammentreten ein kleines Körperchen entsteht. Dieses liegt dann nach vollendeter Durchschnürung zwischen den beiden Zellen (Zwischenkörper). Die vom Zwischenkörper in den Zellenleib ausstrahlenden Fasern verlieren sich bald im Protoplasma, während der Zwischenkörper sich oft noch längere Zeit erhalten kann.

Wie aus obiger kurzer Darstellung der Mitose ersichtlich wird, treten während dieses Prozesses zwei Teile in den Vordergrund: der chromatische und der achromatische. Während der chromatische Teil der mitotischen Figur ganz dem Kernchromatin entstammt, kann die Herkunft des achromatischen Teils, der in Form dreier Strahlenarten erscheint, eine verschiedene sein. Was zuerst die Zentralspindel anbelangt, so wird dieselbe in gewissen Fällen von der Zentrodesmose abgeleitet, in anderen Fällen aber sprechen Beobachtungen mehr für die Auffassung, daß die Fasern der Zentralspindel eine zeitweilige Differenzierung des Zellmitoms unter Einwirkung der Zentralkörperchen (als kinetischer Zentren) darstellen, endlich scheinen in vielen Fällen diese Fasern dem achromatischen Teile des Kerngerüstes (Linin) zu entstammen. Es sind auch solche Zellen beschrieben worden, deren Zentralspindelfasern gemischter Herkunft sind, also gleichzeitig vom Protoplasma und vom Kern ihren Ursprung nehmen, und zwar derart,

daß die am Äquator gelegenen Partien der Spindel aus Lininfasern gebildet werden, die den Polen anliegenden Spindelpartien aber protoplasmatische Produkte sind.

Die die Chromosomen mit den Zentrosomen verbindenden Zug- oder Mantelfasern können rein protoplasmatischen Ursprungs sein und erst nachträglich mit den Chromosomen in Verbindung treten oder sie sind in anderen Fällen gemischter Herkunft, und zwar gelten die den Zentrosomen benachbarten Partien als protoplasmatisch, aus Linin aber soll die von den Polen am meisten entfernte, also den Chromosomen nächstliegende Partie gebildet sein.

Die Polstrahlung muß als eine rein protoplasmatische Differenzierung betrachtet werden, die unter der Einwirkung der Zentralkörperchen zustande kommt.

Über die Kräfte, welche bei der Kern- und Zellteilung zur Wirkung und Entfaltung gelangen, sind verschiedene Theorien aufgestellt worden. Die einen fassen die von den Zentralkörperchen ausgehenden Zugfasern als kontraktile Elemente auf, Muskelfasern vergleichbar (Kontraktilitätshypothesen von M. Heidenhain, Rhumbler, v. Kostanecki), die anderen sehen in diesen Fasern nur die physikalische Folge von Kräften und Bewegungen, die von den Zentralkörpern ausgehen (dynamische Theorien von Bütschli, Ziegler, v. Erlanger). Eine dritte Theorie endlich, die Expansionstheorie, läßt die von den Zentralkörpern auswachsenden Spindelfasern eine propulsive stemmende Wirkung ausüben und erklärt auf diese Weise das Wandern der Zentralkörper an die Pole sowie das Auseinanderrücken der längs gespaltenen Chromosomen (Drüner, Meves).

Es entstehen demnach unter normalen Bedingungen bei der Karyokinese aus einem Kerne zwei Kerne und aus einer Zelle zwei Zellen. Nur ausnahmsweise, und zwar hauptsächlich in pathologischen Fällen gehen aus der Teilung eines Kerns gleichzeitig mehrere Kerne hervor.

b) Direkte Teilung (Amitose).

Die direkte Teilung charakterisiert sich dadurch, daß es ohne wichtige innere Veränderungen im Kern und im Protoplasma zu einer Teilung des Kernes und der Zelle kommt (Fig. 33). Die amitotische Teilung fängt damit an, daß der kugelige Kern zuerst eine mehr lang gestreckte Gestalt annimmt, das Kernkörperchen sich einschnürt und spaltet, worauf der Kern biskuit- oder hantelförmig wird und schließlich die, beide Kernteile miteinander verbindende fadenförmige Brücke zerreißt. Der Kern zerfällt so in zwei gesonderte Hälften. Während des ganzen Prozesses aber bleibt — im Gegensatz zur Mitose — der Kern vom Zytoplasma abgegrenzt. Auf die Kernteilung folgt entweder die Teilung des Zellkörpers oder sie bleibt aus. Das letztere ist bei den Zellen der Wirbeltiere gewöhnlich der Fall.

Die aus der Teilung resultierenden Kern- und Zytoplasmateile können entweder gleichgroß sein oder aber in ihrer Größe bedeutend voneinander differieren. Während der Amitose kommt es in der Regel

zu keiner Teilung des Zentralkörperchens und es tritt auch keine Strahlung im Protoplasma auf.

Die Kerndurchschnürung kann sich mehrfach ohne eine darauffolgende Teilung des Zelleibes wiederholen; es entstehen dann mehrkernige Zellen (Polykaryozyten), wie beispielsweise die Riesenzellen.

Die Amitose scheint im allgemeinen nur relativ selten vorzukommen. Sie wurde beobachtet an gewissen Elementen des Blutes und der Lymphe, an den Leberzellen, im Blasenepithel und der Plazenta, in allen diesen Fällen folgt jedoch gewöhnlich auf die Kernteilung keine Zerschnürung des Zellkörpers.

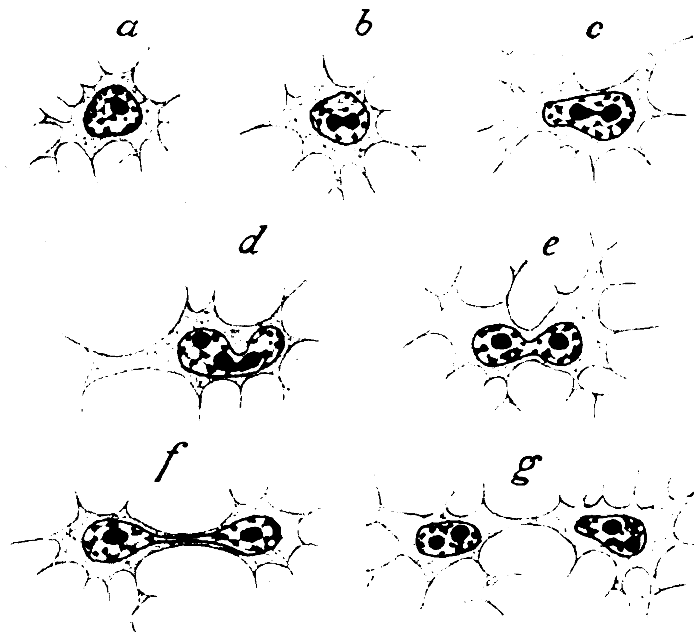


Fig. 33. Amitotische Teilungsfiguren in der Sehne einer neugeborenen Maus. Nach Nowikoff.

Die großen schwarzen Punkte im Innern der Kerne sind Kernkörperchen. Ca. 1000ma vergrößert.

Was die Bedeutung der Amitose anlangt, so sind die diesbezüglichen Ansichten sehr divergent und einander widersprechend. Während die einen in der Amitose einen Verjüngungs- und Regenerationsprozeß erblicken, wobei sie sich auf Beobachtungen an niederen Tieren stützen, bei denen die infolge anstrengender physiologischer Tätigkeit erschöpften Zellen durch neue auf dem Wege der Amitose entstandene Elemente ersetzt werden (Frenzel, Plate, Loewit), behaupten die anderen das gerade Gegenteil, die Amitose künde das Ende der Entwicklung der Zelle an, sei das Zeichen des Alterns und einer gewissen Art von Degeneration (Ziegler, v. Rath, de Bruyne). Nach ihrer

Ansicht kann sich eine Zelle, die sich schon einmal amitotisch geteilt hat, nachträglich niemals mitotisch teilen. Die Beobachtungen der letzten Jahre sprechen zugunsten der Anschauung, daß die Amitose eine der Mitose gleichwertige Art der Zellteilung ist. Es wurde nämlich beobachtet, daß auf experimentellem Wege, unter dem Einfluß gewisser äußerer Faktoren, wie z. B. unter dem Einfluß der Narkose, niedriger Temperatur, reichlicherer Nahrung u. dgl., Zellen, die normal sich mitotisch teilen, zu amitotischer Teilung gebracht werden können, und daß dieser Teilungsmodus in der Folge nach Rückkehr in normale Verhältnisse wieder durch den mitotischen ersetzt werden kann (Gerasimoff, Pfeffer und Natansohn). Diese Tatsachen liefern den Beweis dafür, daß die nämlichen Zellen sich je nach Umständen mitotisch oder amitotisch vermehren können. In der letzten Zeit häufen sich die Beobachtungen immer mehr (v. Wasielewski, Child, Patterson, Maximow, Nowikoff), daß sich sogar junge Zellen amitotisch teilen können und die einer solchen Teilung entstammenden Zellen weiter teilungs- und entwicklungsfähig sind. Nowikoff z. B. beobachtete stets amitotische Teilungen in jungen Knorpeln, Knochen und Sehnen. Das ursächliche Moment der Amitose erblickt dieser Autor „in dem Fehlen des Gleichgewichts zwischen dem inneren Zustand der Zelle und den äußeren, die Zelle zur Teilung zwingenden Bedingungen". Die Amitose wird nach dem Urteil dieses Forschers nicht durch die inneren Zustände der Zelle, welche das Auftreten von mitotischen Teilungen beeinflussen, sondern durch äußere Bedingungen verursacht.

Die Lebensdauer der Zellen der höheren Tiere und des Menschen ist eine außerordentlich verschiedene. Bei manchen Zellen ist sie die des ganzen Organismus; die Zelle entsteht als Teilungsprodukt der Eizelle und stirbt erst ab beim Tode des ganzen Körpers. Das gilt aber wahrscheinlich nur von den Nervenzellen. Alle anderen Zellen haben eine kürzere Lebensdauer. Unter normalen physiologischen Verhältnissen werden fortwährend neue Zellen durch indirekte Teilung gebildet und treten an die Stelle von absterbenden Zellen. Das gilt vor allen Dingen von denjenigen Zellen, die einen sehr regen Stoffwechsel haben, z. B. den Drüsenzellen. So findet man in den Darmdrüsen nach reichlicher Fütterung zahlreiche Zellteilungsbilder. Eine sehr kurze Lebensdauer besitzen die roten Blutkörperchen, beim Menschen wahrscheinlich nur eine solche von drei bis vier Wochen. Die oberflächlichsten Schichten der äußeren Haut werden fortwährend abgestoßen, an ihre Stelle treten andere, die von den tieferen Schichten kontinuierlich vorrücken.

Die tierische Zelle kann den Tod des Gesamtorganismus unter günstigen Umständen einige Zeit überdauern, und zwar bei Kalt-

blütern länger als bei Warmblütern. So ist es möglich, das aus dem Körper herausgenommene Herz eines Tieres, auch eines Säugetieres, noch längere Zeit bei Anwendung geeigneter Vorsichtsmaßregeln schlagend zu erhalten. Es gelang auch, manche Zellen und Gewebe wochenlang im Serum lebend zu erhalten und deren Teilung und Wachstum zu beobachten (Explantation Carrel).

Absterbende Zellen zeigen ganz charakteristische Erscheinungen, die sich zuerst am Kern manifestieren. Sein Chromatin ballt sich zusammen und bildet schließlich nur noch eine kompakte, kugelige Masse (Karyopyknosis), ein Zustand, der meistens zu einem Zerfall in Stücke führt (Karyorrhexis), wobei die Färbbarkeit allmählich sich verliert und die Stücke schließlich innerhalb der Zelle zur Auflösung gelangen (Karyolysis, Karyophtisis).

Zweiter Teil.

Der Bau der tierischen Gewebe.

Die niedrigsten tierischen Organismen (Protozoa, Urtiere) sind einzellige Gebilde. Da hier nur eine Zelle den ganzen Organismus ausmacht, muß sie auch alle Lebensfunktionen verrichten. Die den Urtieren übergeordneten Organismen (Metazoa) sind aus vielen Zellen zusammengesetzt, welche alle von dem befruchteten Ei durch eine fortgesetzte Folge von Teilungen abstammen.

Alle diese Zellen sind in den frühesten Embryonalstadien einander ähnlich, haben eine für *Embryonalzellen* charakteristische, beinahe kugelige, rundlich-vieleckige Gestalt; sie sind gleich gebaut und gleichwertig. Mit fortschreitender Entwicklung weisen jedoch die Zellen immer größere Unterschiede untereinander auf, sie beginnen sich zu *differenzieren*. In einem solchen, in der Entwicklung begriffenen mehrzelligen Organismus nehmen die sich differenzierenden Zellen besondere Form- und Baueigentümlichkeiten an und sind nicht mehr zur Erfüllung aller Lebensfunktionen geeignet, wie dies bei den einzelligen Tieren der Fall ist; vielmehr sind hier bestimmte Zellen auch nur zur Verrichtung bestimmter Lebensfunktionen befähigt. Es findet also in dem sich entwickelnden Organismus eine weitgehende *Arbeitsteilung* statt. Diese in ganz bestimmter Richtung sich entwickelnden Zellkomplexe, welche nur zu gewissen bestimmten Funktionen geeignet und nach gewissen Gesetzen gelagert sind, bilden die *Gewebe*. Unter einem Gewebe verstehen wir demnach einen Komplex gesetzmäßig angeordneter, in einer bestimmten Richtung differenzierter und zu einer bestimmten Tätigkeit befähigter Zellen.

Die Gewebe bestehen jedoch nicht bloß aus Zellen, sondern auch aus Produkten der letzteren, welche wir unter dem Begriff der *Interzellularsubstanzen* zusammenfassen, und die bei jedem einzelnen Gewebe ein verschiedenes, charakteristisches Verhalten zeigen. Die Interzellularsubstanz ist in gewissen Fällen als *Ausscheidungsprodukt* der Zellen, in anderen als *Umwandlungsprodukt* der oberflächlichen Partien des Zellprotoplasmas aufzufassen. Sie ist in

ganz jungen embryonalen Geweben noch nicht vorhanden und wird erst im Laufe der Zeit von den Zellen gebildet.

Die verschiedenen Gewebe verbinden sich unter den mannigfaltigsten Kombinationen zu Organen, d. h. Gebilden von einem bestimmten inneren Bau und einer bestimmten äußeren Gestalt, welche einem bestimmten physiologischen Zwecke dienen. Nur ausnahmsweise besteht ein Organ ausschließlich aus einem Gewebe; in der Regel beteiligen sich an seinem Aufbau mehrere, ja sogar alle Gewebsarten, so z. B. bei dem Darm, der Haut.

Die Einteilung der Gewebe gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Gewebelehre. Dieselbe kann zur Zeit nur eine künstliche sein, denn auf einer einheitlichen, z. B. rein morphologischen Grundlage läßt sie sich nicht durchführen, da sie nicht nur Form und Bau und die von ihnen abhängige Funktion, sondern auch die Entwicklung und die chemischen Eigenschaften der Gewebe berücksichtigen muß. Man hat auch versucht, die Gewebe nur mit Rücksicht auf ihre Entwicklung zu klassifizieren, doch sind diese Versuche daran gescheitert, daß dieselben Gewebe verschiedenen Ursprungs sein können. Die gegenwärtig allgemein angenommene Einteilung (Kölliker, Leydig) faßt alle Gewebe in vier großen Gruppen zusammen. Man unterscheidet:

1. Epithel- (und Drüsen-)gewebe,
2. Stütz- und Füllgewebe,
3. Muskelgewebe,
4. Nervengewebe.

Muskel- und Nervengewebe finden sich nur im tierischen, nicht jedoch im pflanzlichen Organismus. Wir fassen deshalb beide auch unter dem Namen animale Gewebe zusammen. Epithel- und Stützgewebe treten dagegen auch bei den Pflanzen auf und können deshalb auch als vegetative Gewebe bezeichnet werden [1]).

I. Das Epithelgewebe.

Das Epithelgewebe setzt sich ausschließlich aus dicht neben- und übereinander gelagerten Zellen zusammen. In einer Epithelzelle finden wir als konstante Bestandteile: das Zytoplasma, den Kern, ein oder mehrere Zentralkörperchen und den inneren Netzapparat.

Das Zytoplasma zeigt eine verschiedene Struktur, die abhängig ist von der Rolle, welche die Zelle spielt. Es enthält Mitochondrien von wechselnder Gestalt. Ausnahmsweise (in den künftigen Geschlechtszellen) erscheinen sie als solche, unverändert, so wie sie sich in den

[1]) Aus gewissen Gründen kann auch das Blut als eine fünfte Gewebsart gelten; eine nähere Auseinandersetzung der für und gegen sprechenden Argumente findet der Leser im Kapitel „Blut".

Embryonalzellen vorfanden, größtenteils aber differenzieren sie sich in verschiedener Art und treten in Form von paraplastischen Gebilden auf. So sollen alle fadenförmigen Gebilde der verschiedenen Epithelzellen, nach der Meinung von Meves und Duesberg, als Differenzierungsprodukte der Mitochondrien entstehen. Von diesem Gesichtspunkte aus müßten dann beispielsweise die sog. Widerstandsfibrillen (Tonofibrillen) im Darmepithel und in der Epidermis, die sog. Basalfilamente und die ergoplasmatischen Gebilde in den Drüsen usw. beurteilt werden.

Der Kern der Epithelzellen besitzt gewöhnlich ein deutliches Chromatingerüst, das Zentralkörperchen tritt oft in Form eines Diplosoms auf. Der innere Netzapparat ist in den Epithelzellen wohl entwickelt und läßt sich immer nachweisen (Fig. 13).

Eine eigentliche, die Zellen von allen Seiten umgebende Zellmembran fehlt den Epithelzellen stets, nur die äußerste Schicht des Protoplasmas erscheint manchmal dichter, also in Form einer Krusta ausgebildet. An der freien Oberfläche aber können die Epithelzellen die mannigfaltigsten Kutikularbildungen aufweisen.

Die Klassifizierung des Epithelgewebes kann zunächst nach physiologischen Gesichtspunkten erfolgen. Es bedeckt nämlich einmal dieses Gewebe die gesamte Körperoberfläche und ist in dieser Beziehung ein reines Deck- oder Schutzepithel, dann aber kleidet es auch sämtliche Hohlräume des Körpers aus und es gesellt sich hier zu der deckenden Funktion noch die Aufgabe, besondere Stoffe auszuscheiden oder aufzunehmen, zu sezernieren oder zu resorbieren. Die Aufgabe des Sezernierens übernimmt das Epithelgewebe vor allem in besonderen Einstülpungen der äußeren und inneren Körperoberfläche, den Drüsen (Drüsenepithel). Schließlich kann das Epithelgewebe auch noch die Aufgabe haben, Reize, welche den Körper von außen treffen, aufzunehmen, zu perzipieren (Sinnesepithel).

Von rein morphologischen Gesichtspunkten aus können wir das Epithelgewebe nach der Form der es konstituierenden Zellen in plattes und zylindrisches Epithel einteilen. Dazwischen kommt eine Übergangsform vor, die wir als kubisches Epithel bezeichnen.

Das platte Epithel besteht aus mehr oder weniger regelmäßigen mehrseitigen Zellen, in ihrer Form am besten mit den bekannten Mosaikplatten vergleichbar. Ihre Höhe ist nur sehr unbedeutend im Vergleich zu den beiden anderen Dimensionen.

Im Flächenbild erscheinen die Zellgrenzen als gerade oder unregelmäßig zackige Linien. Fig. 34 stellt ein solches Epithel einmal im Flächenbild, das andere Mal im Profilbild dar. Wir sehen, daß der meist in der Zellmitte gelegene Kern infolge seiner größeren Dicke den Zellkontur nach außen vorbuchtet. Meist ist auch der Kern noch von einem etwas dichteren Protoplasma umgeben (Fig. 34 und 35).

Das Zylinderepithel zeigt uns gerade das umgekehrte Verhalten. Bei ihm übertrifft die Höhenausdehnung in größerem oder geringerem Grade die beiden anderen Dimensionen (Fig. 38c). Die Zellform kann

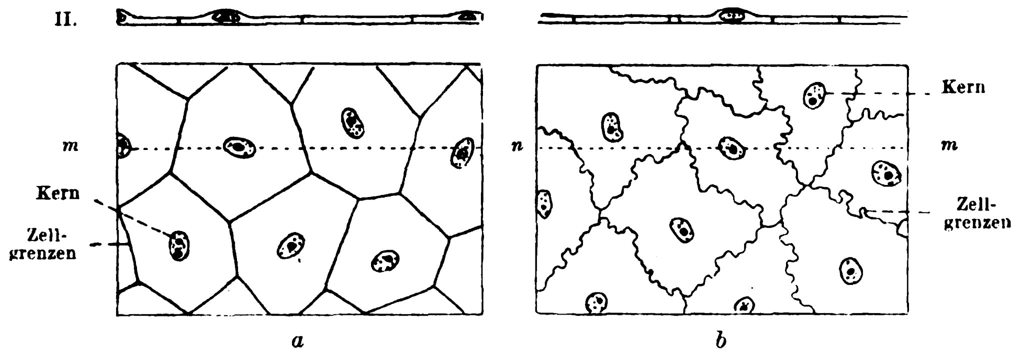


Fig. 34. Schema eines platten Epithels.

I. Von oben gesehen.
II. Von der Seite gesehen nach Durchschnitt in der Linie *m n*.
a) Die Zellgrenzen stellen gerade Linien dar.
b) Die Zellgrenzen stellen vielfach gebrochene Linien dar.

dabei sehr verschiedenartig sein: mehr oder weniger regelmäßige Zylinder, Säulen und Prismen, Kegel, Pyramiden. Der Kern kann entweder die Zellenmitte einnehmen oder sich mehr der Basis oder mehr der Oberfläche nähern. Die Zentralkörper finden sich entweder in der Nähe des Kerns oder sie rücken bis dicht unter die freie Oberfläche.

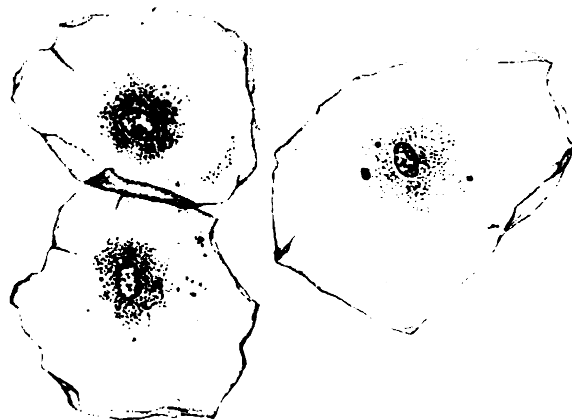


Fig. 35. Platte Epithelzellen aus der Mundschleimhaut des Menschen, isoliert.

Ca. 375mal vergrößert.

Das zwischen dem platten und dem Zylinderepithel die Mittelstellung einnehmende kubische Epithel ist in allen drei Dimensionen ungefähr gleich entwickelt (Fig. 38b).

Zahlreiche und wichtige Differenzierungen kann die freie Oberfläche bei zylindrischen und kubischen Epithelzellen erfahren. Es können nämlich einmal aus ihr zahlreiche längere oder kürzere Härchen herausragen, die während des Lebens in fortwährend schlagender Bewegung begriffen sind; wir bezeichnen ein solches mit Wimpern oder Flimmern besetztes Epithel als Flimmerepithel (Fig. 37).

In anderen Fällen trägt die Zelle an ihrer freien Oberfläche einen Saum, der oft mehr oder weniger deutlich senkrecht zur Oberfläche gestreift erscheint. Wir bezeichnen solche Bildungen als Kutikularsäume.

Die Flimmerzelle zeigt in der ausgeprägtesten Form einen außerordentlich interessanten und komplizierten Bau. In Fig. 37 ist schematisch der Bau der Flimmerzelle von einer Teichmuschel dargestellt. Wir sehen die Zelle auf ihrer freien Oberfläche bedeckt mit einem dicken Kutikularsaum. Durch ihn hindurch gehen die Flimmerhaare in das Zellprotoplasma, dessen Ausläufer sie sind. An jedem

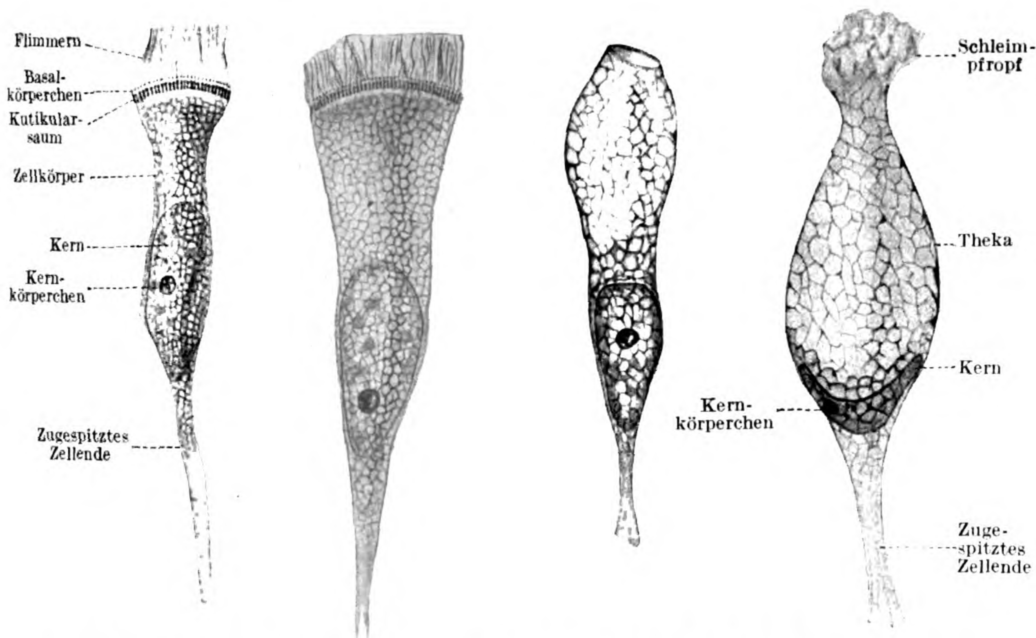


Fig. 36. Zwei isolierte Flimmer- und zwei Becherzellen aus dem Ösophagus des Frosches.

Ca. 520mal vergrößert.

Haar ist innerhalb der Kutikula eine kleine Anschwellung (Bulbus) wahrzunehmen. Jenseits der Kutikula, gegen das Zellinnere zu, sieht man jedes Haar in ein stärkeres Knötchen übergehen, das man als Basalkörperchen bezeichnet. Stehen die Flimmerhaare sehr dicht, so kommen die Basalkörperchen auch sehr dicht aneinander zu liegen und es kann bei schwächeren Vergrößerungen der Eindruck eines kontinuierlichen Saumes hervorgerufen werden. Jenseits der Basalkörperchen verlängern sich die Flimmerhaare in einen Fadenapparat, der sich mehr oder weniger weit in die Zelle hinein verfolgen läßt. Diese sog. Wimperwurzeln stellen fädige Differenzierungen des Zytoplasmas dar. Unweit vom Kern konvergieren sie, legen sich

aneinander und bilden einen Strang, der am Kerne vorbeizieht und sich in den basalen Teilen der Zelle verliert (Engelmann), indem er frei im Plasma endigt (Erhard). In anderen Fällen können die Flimmerzellen ziemlich bedeutende Abweichungen im Bau von dem eben geschilderten Schema aufweisen; so kann beispielsweise der Kutikularsaum fehlen, die Basalkörperchen können mehr nach außen rücken und der Bau kann sich durch das Auftreten weiterer Verdickungen und Knöpfchen im Verlauf der Flimmern noch mehr komplizieren.

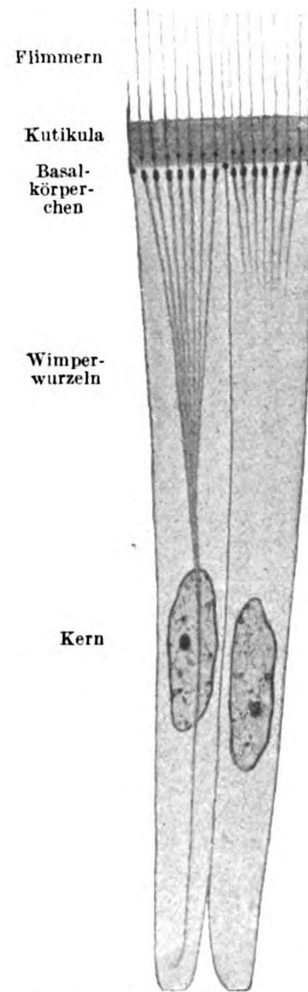


Fig. 37. Schema des Flimmerepithels. Nach Apáthy.

Die Flimmern eines Flimmerepithels schlagen während des Lebens alle in einer und derselben Richtung und können auf diese Weise kleine Elemente in bestimmter Richtung fortleiten, im Respirationstrakt z. B. die kleinen Staubpartikelchen nach außen beseitigen, im Eileiter wieder das Ei in den Uterus befördern.

Weder der Kern noch das Zentralkörperchen üben einen Einfluß auf die Flimmerbewegung aus. Die Untersuchungen von Peter haben erwiesen, daß die Flimmern zu schlagen aufhören, sobald sie von ihren Basalkörperchen getrennt werden. Auf Grund dieser Untersuchungen hat man die Basalkörperchen als kinetische Zentren der Flimmerhaare betrachtet. Anfangs sahen Henneguy, Lenhossék und Meves in ihnen Abkömmlinge von Zentralkörperchen, aus denen sie angeblich durch Teilung hervorgehen sollten; es stellte sich aber bald heraus, daß obige Anschauung sich schwerlich halten läßt angesichts der von Studnička gemachten Entdeckung wahrer Zentralkörperchen in Diplosomenform, die tiefer als die Basalkörperchen liegen und weiterhin angesichts der Wallengrenschen Beobachtungen über das Verhalten des Zentralkörperchens wie auch des ganzen Flimmerapparates während der Mitose der Flimmerzellen; dagegen spricht endlich der von Gurwitsch gelieferte Nachweis, daß der Flimmerapparat in gar keiner genetischen Beziehung zu den Zentralkörperchen steht. Die Basalkörperchen müssen demgemäß als protoplasmatische, von den Zentralkörperchen unabhängige Gebilde aufgefaßt werden (Prenant).

In manchen Epithelzellen (z. B. denen der Niere) erscheint zur Zeit ihrer Tätigkeit auf der freien Oberfläche ein Saum von kürzeren, ziemlich starken Stäbchen, den man mit dem Namen Bürstenbesatz bezeichnet.

Kutikularsäume können an der freien Oberfläche aller möglichen Zellen auftreten, vor allem aber sind sie an der Oberfläche der

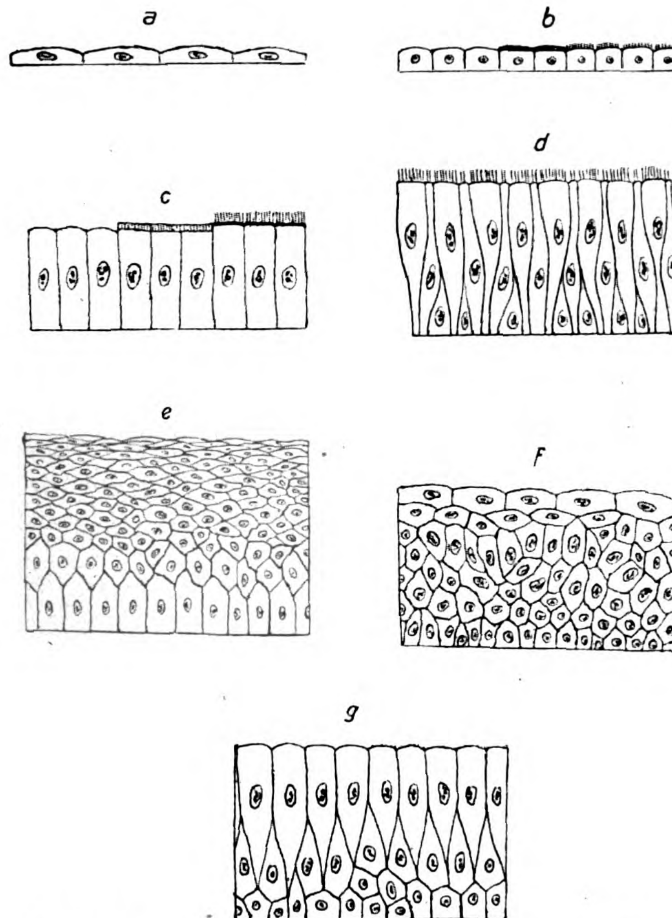


Fig. 38. Schema der morphologischen Klassifikation der Epithelien.

a Einschichtiges Plattenepithel. b Einschichtiges kubisches Epithel. Zellen teilweise mit Kutikularsaum und teilweise mit Bürstenbesatz. c Einschichtiges Zylinderepithel. Zellen teilweise mit Kutikularsaum und teilweise mit Flimmerbesatz. d Mehrzeiliges Epithel mit Flimmerbesatz. e Mehrschichtiges Plattenepithel. f Übergangsepithel. g Geschichtetes Zylinderepithel.

Darmepithelzellen deutlich zu sehen. Hier zeigt uns der Kutikularsaum eine feine Streifung parallel zur Zellachse und besteht aus zahllosen feinen Stäbchen oder Härchen, die, wie R. Heidenhain gezeigt hat, als feine Ausläufer des Zellprotoplasmas in der homogenen Grundmasse des Saumes stecken. Jedes Stäbchen oder Härchen ist an seiner Wurzel zu einem länglichen Knötchen angeschwollen, mittelst dessen es sich in der Oberfläche der Zelle implantiert.

Man kann nun aber auch die Epithelien nach der Anzahl der Schichten klassifizieren, in welchen sie angeordnet sind und unterscheidet dann einschichtige und mehrschichtige Epithelien. Berücksichtigen wir dazu noch die verschiedene Form, die die Zellen innerhalb dieser Schichten aufweisen, so kommen wir zu folgender morphologischer Klassifikation der Epithelien:

I. Einschichtige Epithelien.

a) Einschichtiges Plattenepithel: Niedrige, polygonale Zellen, welche in einfacher Schicht, etwa wie die Plättchen eines Mosaikpflasters, nebeneinander liegen (Epithel der Lungenalveolen, der Blut- und Lymphgefäße, des Herzens, der großen Körperhöhlen, der Gelenkhöhlen, Schleimbeutel und Sehnenscheiden, der Bowmanschen Kapseln und der engen Schleifenschenkel in der Niere, hinteres Hornhautepithel) (Fig. 34 und 38a).

b) Einschichtiges kubisches Epithel: Die in einfacher Schicht, wie die Steine eines gewöhnlichen Pflasters, nebeneinander liegenden Zellen sind ungefähr ebenso hoch wie breit (Epithel der Bronchioli respiratorii, einzelner Teile der Harnkanälchen, der Schilddrüsenbläschen und sezernierendes Epithel vieler anderen Drüsen, Epithel der Paukenhöhle, Pigmentepithel der Retina, Epithel der Plexus chorioidei; die Zellen können Flimmer- oder Bürstenbesatz tragen: Epithel der feinsten Bronchien, Epithel der Nierenkanälchen (Fig. 38b).

c) Einschichtiges Zylinderepithel: Die in einfacher Schicht nebeneinander liegenden Zellen sind mehr oder weniger beträchtlich höher als breit (Epithel des Magens, des Darmkanals, sezernierendes Epithel vieler Drüsen, Epithel der kleineren Ausführungsgänge der Speicheldrüsen, der Leber und des Pankreas, der Samenblasen und des Ductus ejaculatorius); die Zellen tragen manchmal Flimmern: Epithel des Uterus und des Eileiters (Fig. 38c).

II. Mehrreihiges (mehrzeiliges) Epithel (Fig. 38d).

Das mehrreihige Epithel bildet einen Übergang vom einschichtigen zum mehrschichtigen Epithel. Die Zellen sind hier so angeordnet, daß sie alle der gemeinsamen Basis aufsitzen, aber nicht alle die freie Oberfläche erreichen. Es liegen nämlich zwischen den unteren Enden der die ganze Dicke der Epithelschicht durchsetzenden Zylinderzellen rundliche oder keilförmige niedere Zellen, welche mit einem kurzen, nach der freien Oberfläche zu gerichteten Fortsatz sich zwischen den Zylinderzellen verlieren, die Oberfläche also nicht erreichen. So kommt es, daß die Kerne der Zellen in zwei oder mehreren Reihen (Zeilen) angeordnet sind, was den

Anschein hervorrufen kann, als ob auch die Zellen geschichtet wären. Die Zylinderzellen tragen gewöhnlich auf ihrer freien Oberfläche Flimmerhaare. Ein solches Epithel finden wir in der Pars respiratoria der Nase, der Pars nasalis des Rachens, in der Tuba Eustachii, im Kehlkopf, in der Luftröhre, in den gröberen Bronchien, im Nebenhoden und im Anfangsteil des Samenleiters.

III. Mehrschichtige Epithelien.

a) Mehrschichtiges Plattenepithel: Die Zellen liegen in mehreren, oft in vielen Schichten übereinander, und zwar so, daß die Zellen der tiefsten Schicht zylindrisch sind, dann folgen nach oben zunächst unregelmäßige polyedrische und schließlich immer mehr plattenförmige Zellen (Epithel der Körperoberfläche, der Mundhöhle, der Pars oralis und laryngea des Rachens, der Speiseröhre, des Nasenvorhofs, der wahren Stimmbänder, der Fossa navicularis der männlichen Harnröhre, der Eichel des Penis, der weiblichen Harnröhre, der Scheide und der Portio vaginalis des Uterus, der vorderen Fläche der Hornhaut, der Konjunktiva in der Nähe des Lid- und Hornhautrandes und Epithel der Tränenröhrchen) (Fig. 38e).

b) Übergangsepithel: Die Zellen sind ganz ähnlich geschichtet wie beim vorigen, nur werden sie nach oben zu nicht vollkommen platt, sondern bleiben polyedrisch (Epithel des Nierenbeckens, des Harnleiters, der Harnblase und der Pars prostatica der männlichen Harnröhre) (Fig. 38f).

c) Geschichtetes Zylinderepithel: Die oberflächlichste Zellschicht besteht aus Zylinderzellen, zwischen ihren verjüngten, nach dem Grunde des Epithels strebenden Enden liegen nach der freien Oberfläche zu spitz ausgezogene Zylinderzellen. Basalwärts wird das Epithel schließlich noch durch eine oder mehrere Lagen kubischer Zellen abgeschlossen (Epithel der Hauptausführungsgänge der großen Speicheldrüsen, der Pars membranacea und cavernosa der männlichen Harnröhre, des Fornix conjunctivae (Fig. 38g).

Die einzelnen Zellen stehen innerhalb des Epithelverbandes mittelst Zellfortsätzen, der sog. Interzellularbrücken, miteinander in Verbindung, die von einer Zelle zur anderen übergehen. Die bis heute allgemein herrschende Meinung, daß die Epithelzellen untereinander durch eine sie bindende Kittsubstanz vereinigt seien, die man mittelst Mazerationsmitteln auflösen und so die Zellen isolieren kann, tritt immer mehr gegenüber der Anschauung zurück, daß eine derartige bindende Substanz gar nicht existiert (Kolossow, Waldeyer, Merkel), daß hingegen die Zellen durch Interzellularbrücken

verbunden werden. Als Beweis des Vorhandenseins einer Kittsubstanz zwischen den Epithelzellen wurde auf das Verhalten des Epithelgewebes gegenüber Silbernitratlösung hingewiesen; man schrieb nämlich der Kittsubstanz die spezielle Eigenschaft zu, Silbersalze energisch zu reduzieren. Legt man ein Stückchen eines mit Epithelzellen bekleideten Gewebes für wenige Minuten in eine 0,5%ige Silbernitratlösung und setzt es dann dem Lichte aus, so erscheinen die Zellen

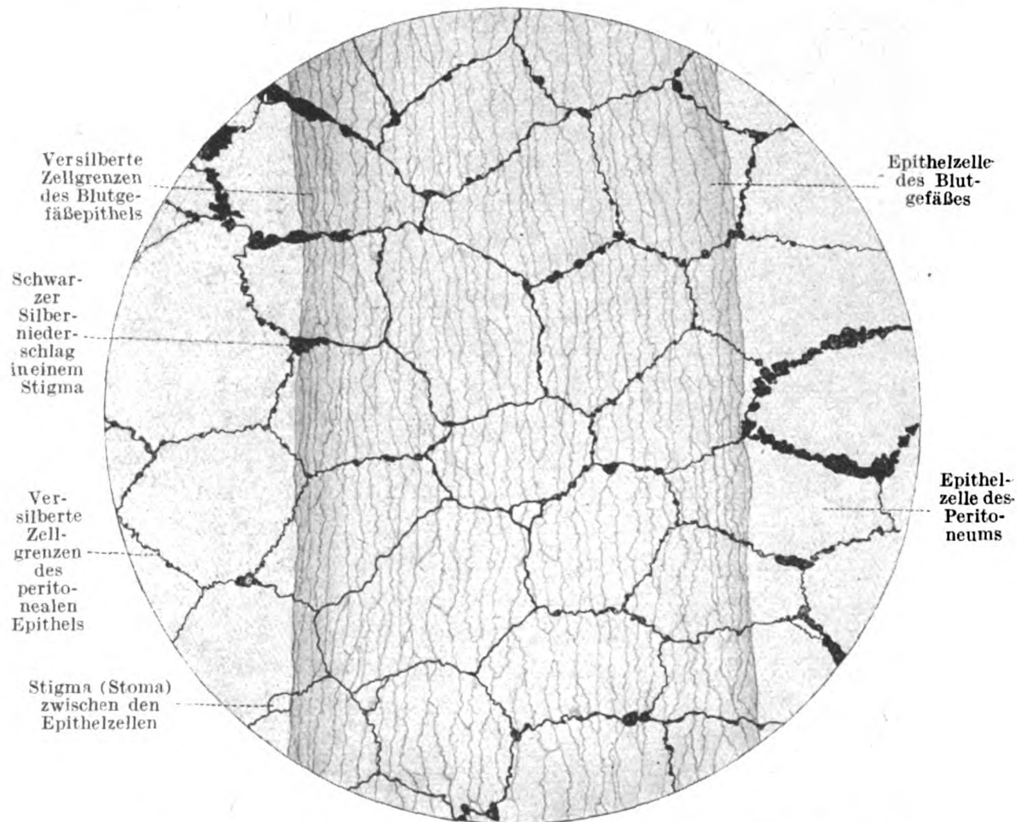


Fig. 39. Versilbertes Epithel des Mesenteriums vom Kaninchen.

Oberflächlich eine Lage von platten Epithelzellen von polygonaler Form mit schwarz imprägnierten Zellgrenzen. Darunter schimmert ein Blutgefäß durch, dessen langgestreckte Epithelzellen graue, auch versilberte Zellgrenzen aufweisen. Mittelstarke Vergrößerung.

von dunklen Linien umrahmt. Das Auftreten derartiger Linien galt als Beweis für das Vorhandensein einer reduzierenden Kittsubstanz. Doch scheinen diese Linien mit größter Wahrscheinlichkeit ihren Ursprung darin zu haben, daß die eiweißhaltige die Interzellularlücken erfüllende Ernährungsflüssigkeit mit dem Silbersalz Niederschläge bildet, welche zwischen den Zellen abgelagert werden (Merkel) (Fig. 39).

Größere oder kleinere Lücken (Stomata und Stigmata), die bei Anwendung der Höllensteinlösung zwischen den platten Epithelzellen auftreten, scheinen keine präformierte Öffnungen zu sein (Kolossow,

Ussow, Merkel), sondern werden höchstwahrscheinlich durch die schrumpfende Wirkung der Silberlösung auf die Zellen hervorgerufen (Fig. 39).

Als beinahe konstante Gebilde treten an den freien Rändern benachbarter zylindrischer und kubischer Epithelzellen sog. Schlußleisten oder Kittleisten (M. Heidenhain, Zimmermann, Bonnet, Cohn) auf. (Figg. 7 und 40). Sie sind am schönsten am Darmepithel zwischen den freien Enden der Zylinderzellen zu sehen. Hier finden sich zwischen den aneinanderstoßenden Flächen der Zylinderzellen feine, von Interzellularbrücken durchsetzte Spalträume, die nach außen durch diese Schlußleisten abgeschlossen werden. Von der Seite gesehen, werden die Leisten als Punkte zwischen den freien Zellenden erscheinen, von der Fläche gesehen zeigen sie die Form eines Netzwerkes von regelmäßigen polygonalen Maschen, in denen die gegen die freie Oberfläche gerichteten Enden der Zylinderzellen stecken. Man stellte sich vor, daß diese Schlußleisten durch Anhäufung der Kittsubstanz entstanden seien, welche auf diese Weise verhinderte, daß die in den Interzellularräumen kreisende Ernährungsflüssigkeit sich auf die Oberfläche ergießt und verloren geht. Obgleich wir weder die Herkunft noch die Bestimmung der Schlußleisten mit Sicherheit kennen, können wir doch aus ihrer außerordentlich großen Verbreitung den Schluß ziehen, daß ihnen eine wichtige Funktion zukommen muß.

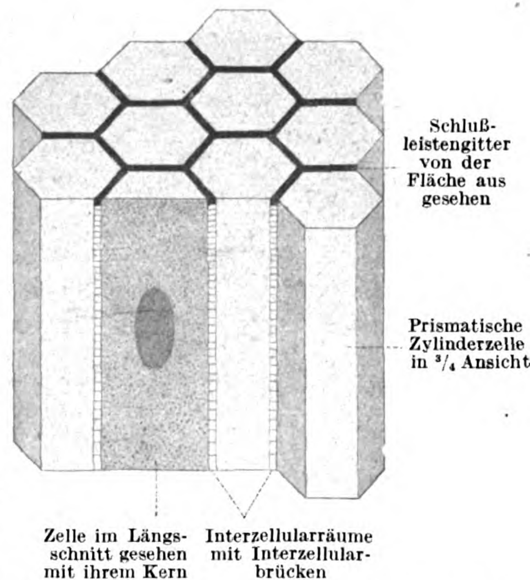


Fig 40. Schema des einfachen Zylinderepithels mit Schlußleisten.

Die Epithelzellen stehen also untereinander durch Interzellularbrücken in direkter Verbindung. Als bekanntestes Beispiel solcher Epithelverbindungen seien hier die Stachel- oder Riffzellen genannt, welche z. B. in den tieferen Lagen der menschlichen Epidermis vorkommen (Fig. 41). Hier sind alle Zellen voneinander durch relativ weite Interzellularräume getrennt, welche mit den Lymphräumen der Unterhaut in offener Kommunikation stehen. Von Zelle zu Zelle spannen sich feine, die Interzellularräume durchsetzende Fäden. Es sind das protoplasmatische Fibrillen, welche von einer Zelle in die andere durch die Interzellularbrücken hindurchtreten und sich oft

durch mehrere Zellen hinweg verfolgen lassen. Diese Interzellularbrücken verleihen dem ganzen Zellverband den Charakter eines Synzytiums.

Den Interzellularräumen kommt wahrscheinlich eine recht hohe physiologische Bedeutung zu. Das Epithelgewebe besitzt nämlich keine Blutgefäße. Da die letzteren nun aber die Ernährung sämtlicher Gewebe besorgen, so würde bei dicken, vielschichtigen Epithelien, wie z. B. in der Epidermis, die Nahrungszufuhr zu den entferntesten, äußersten Zellschichten eine sehr schwierige werden. Hier treten die Interzellularräume helfend ein, indem sie dem ernährenden Strom von den Lymphräumen der Unterhaut her den Zutritt zu den Epithelzellen ermöglichen.

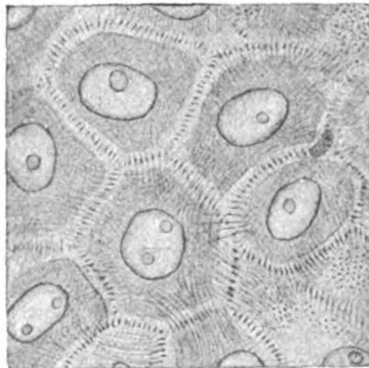


Fig. 41. Aus einem Durchschnitte durch das geschichtete Plattenepithel der menschlichen Epidermis.

Einige Epithelzellen des Stratum spinosum durch Interzellularbrücken miteinander verbunden. Ca. 900mal vergrößert.

Von der Grundregel, daß sich innerhalb des Epithels keine Blutgefäße finden, gibt es nur einige wenige Ausnahmen; so dringen z. B. in der Gaumenschleimhaut des Frosches (Maurer) und an einer Stelle des menschlichen Schneckenepithels (Retzius) Kapillarschlingen zwischen die Epithelzellen ein.

Dagegen werden wir in späteren Kapiteln kennen lernen, daß das Epithel oft in außerordentlich reichem Maße von den feinsten Verzweigungen der sensiblen Nerven durchsetzt wird. Auch andere fremdartige Zellen können sich gelegentlich zwischen die Epithelzellen eindrängen, das gilt vor allem von den sog. Wanderzellen, die an manchen Stellen fortwährend das Epithel massenhaft durchwandern.

Zahlreich sind schließlich die Veränderungen, welche der Körper der Epithelzelle erleiden kann im Dienste der besonderen vom Epithel übernommenen Funktion: es können die Epithelien verhornen (Haut, Haare, Nägel), verkalken (Schmelz der Zähne), verschleimen (Respirations- und Verdauungsorgane), verfetten (Talgdrüsen, Milchdrüsen); sie können in ihrem Körper große Mengen von Pigment bilden oder aufspeichern (Netzhaut, Haare, Haut farbiger Menschenrassen).

Wo das Epithel mit Bindegewebe in Berührung kommt, kann es von ihm durch eine helle glänzende Membran getrennt werden, welche entweder ganz strukturlos ist oder nur eine leichte Streifung erkennen läßt. Wir bezeichnen solche Bildungen als Basalmembranen. Über ihre Herkunft gehen die Ansichten auseinander; entweder

handelt es sich um Ausscheidungsprodukte der Epithelzellen oder um ein Abspaltungsprodukt des tiefer gelegenen Bindegewebes.

Entwicklungsgeschichtlich wäre zu bemerken, daß die Epithelien des Körpers von allen drei primitiven Keimblättern abstammen, so z. B. das Oberflächenepithel des Körpers und die Sinnesepithelien vom äußeren Keimblatt, das Epithel des Magendarmkanals und seiner Drüsen und das Epithel der Atmungsorgane vom inneren Keimblatt, das Keimepithel, das Epithel der Harn- und Geschlechtswege, das Epithel, welches die Blut- und Lymphgefäße und das Innere der großen Körperhöhlen auskleidet, vom mittleren Keimblatt. Das letztere hat man auch als unechtes Epithel oder Endothel bezeichnet, doch liegt kein berechtigter Grund vor, ihm eine Sonderstellung anzuweisen, denn seine Zellen zeigen gar keine charakteristischen spezifischen Eigenschaften, die sie von den „echten“ Epithelien unterscheiden ließen.

Ursprünglich sind alle Epithelien einschichtig. Da, wo sich geschichtete Epithelien entwickeln, geschieht dies durch Zellvermehrung mittelst Teilung. Die neu entstandenen Zellen drängen sich entweder zwischen die alten ein oder lagern sich in einzelnen Schichten übereinander. Im Laufe des Lebens werden bei manchen Epithelien die Zellen der oberflächlichsten Schicht fortwährend abgestoßen, sie gehen zugrunde. Der Ersatz erfolgt durch indirekte Teilung der Zellen der tiefsten Schicht, so daß die tieferen Schichten langsam nach oben geschoben werden und nach einer jeden abgestoßenen Schicht die nächst tiefere an die Oberfläche gelangt.

Außerordentlich zahlreich sind ferner diejenigen Bildungen, welche eine Vergrößerung der mit Epithel bedeckten Flächen darstellen. Erscheinen sie als Wucherungen des Epithels über die freie Oberfläche hinaus, so entstehen Papillen, Haare, Nägel, Krallen usw.; es können sich aber auch umgekehrt Einsenkungen des Epithels in das darunter gelegene Gewebe bilden, welche schließlich zur Entstehung weitverzweigter, mit Epithel ausgekleideter Hohlräume und Gänge führen. Falls diese Bildungen eine ausscheidende (sezernierende) Funktion verrichten, so sprechen wir von Drüsen.

Drüsen und Drüsenepithel.

Als Drüsen (Glandulae) bezeichnet man zu einem bestimmten System vereinigte Hohlräume, die mit Drüsenepithel ausgekleidet und stets von Bindegewebe umhüllt sind. Die Funktion dieser Epithelzellen, der Drüsenzellen, besteht darin, Stoffe, die ihnen durch den Blutstrom zugeführt werden, in bestimmter Weise zu verarbeiten und das entstandene Produkt in den Drüsenhohlraum auszuscheiden. Diese meist flüssigen Produkte werden dann durch das Hohlraum-

system der Drüse nach außen befördert. Den ganzen Prozeß, Verarbeitung, Ausscheidung und Transport bezeichnen wir als Sekretion, das gelieferte Produkt entweder als Sekret, nämlich dann, wenn es noch weitere Verwendung im Organismus findet (Speichel, Galle, Magensaft, Darmsaft usw.), oder als Exkret, wenn es als nutzlos oder gar schädlich aus dem Organismus entfernt wird (Harn, Schweiß).

Sekretorische Funktion ist aber nicht allein und ausschließlich an Drüsenbildung geknüpft, sondern sie kommt auch vielen Oberflächenepithelien zu, z. B. den Epithelzellen des Magens und des Darms, wo die Drüsenzellen einzeln zwischen anderen Epithelzellen zerstreut auftreten können. Man bezeichnet diese Zellen auch in wenig treffender Weise als einzellige Drüsen. Ein Beispiel solcher einzelliger Drüsen stellt die Becherzelle dar, wie sie sich in weiter Verbreitung zwischen den Zylinderzellen des Epithels der Verdauungs- und Atmungsorgane findet. Sie besteht in gefülltem Zustand, wie Fig. 36 zeigt, aus zwei verschiedenen Teilen, einem unteren, spitz auslaufenden plasmatischen Körper und einem oberen, bauchig erweiterten, mit Schleim gefüllten Teil. Hat die Schleimbildung in der Zelle ihr Maximum erreicht, so platzt die freie Oberfläche und der Schleim ergießt sich in das Darmlumen. Dabei kollabiert die Zelle stark, das Protoplasma dehnt sich im ganzen Zellkörper aus und die Zelle unterscheidet sich nun in nichts von einer gewöhnlichen Zylinderzelle. Als erstes Anzeichen der Umwandlung des Protoplasmas in Schleim treten in der Nähe des Zellkernes Körnchen auf, die Muzinogengranula; sie erscheinen dann im Innern der Zelle in immer größerer Masse, fließen zu größeren runden Körnern zusammen, die schließlich das ganze Innere der Becherzelle prall füllen. Durch Wasseraufnahme erfolgt Quellung und Umbildung in Schleim, welcher nun als Pfropf (Theka) die Becherzelle ausfüllt, bis er schließlich entleert wird. Die Muttersubstanz für die Entstehung der Muzinogengranula liefern die Mitochondrien. Eine Mitwirkung bei der Schleimbildung schreibt Tschassownikow auch den Zentralkörperchen zu, die in Diplosomenform in den Becherzellen ständig vorhanden sind und ihre Lage je nach dem Zustande der Sekretbildung ändern.

Wenn wir uns jetzt zu den eigentlichen mehrzelligen Drüsen wenden, so kann die Einstülpung, welche die Drüse immer darstellt, eine sehr verschiedene Ausdehnung erreichen. Im einen Fall stellt sie nur eine seichte Einsenkung des Epithels dar, im anderen Fall kann dadurch, daß die Epitheleinsenkung stark in die Tiefe wächst und sich von ihr sekundäre Ausstülpungen bilden, die ebenfalls ein starkes Wachstum zeigen, ein voluminöses, von seiner Umgebung scharf abgesetztes Organ entstehen, wie wir es in den Speicheldrüsen, der Leber, dem Pankreas, den Nieren vor uns haben.

Das primär eingestülpte Stück stellt dann den Ausführungsgang dar, welcher meistens nicht direkt, sondern durch zwischengeschaltete Gangstücke in den Endabschnitt der Drüse, in den eigentlichen, mit Drüsenzellen ausgekleideten Sekretionsraum führt. Äußerlich ist sowohl das ganze Ausführungsgangsystem wie auch der Sekretionsraum von einer verschieden gebauten Basalmembran (Membrana propria) begrenzt und so von dem anliegenden Bindegewebe

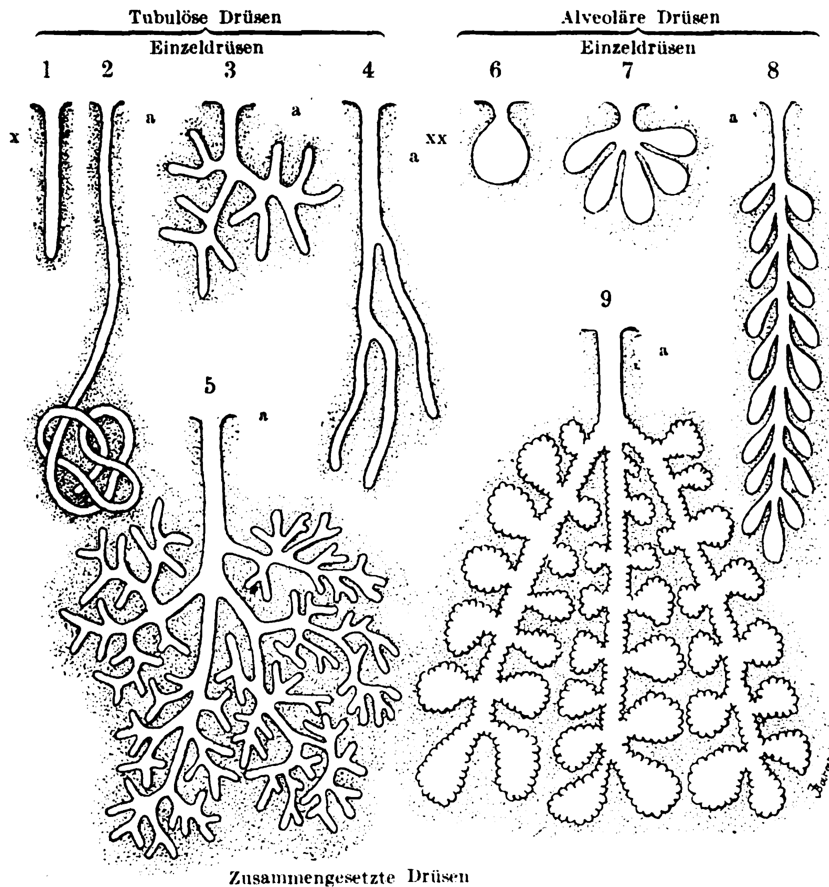


Fig. 42. Schema der verschiedenen Drüsenformen.

a Ausführungsgang; x einfacher Schlauch (Tubulus); xx einfaches Bläschen (Alveolus).

gesondert. Der Ausführungsgang kann beim Übergange in den Sekretionsraum entweder die gleiche Weite unverändert behalten oder er erweitert sich bläschenförmig. Hiermit ist die Basis der morphologischen Einteilung der Drüsen in tubulöse und alveoläre gegeben, je nachdem die Grundform ihrer Sekretionsräume (der Endabschnitte) durch den Schlauch, Tubulus, oder das Bläschen, Alveolus, repräsentiert wird.

Im einfachsten Falle stellt die tubulöse Drüse einen kurzen, geraden, blind endigenden Schlauch dar, dessen Lumen in seinem

ganzen Verlauf von ungefähr gleicher Weite ist (Fig. 42, 1). Solche tubulöse Einzeldrüsen finden sich in weiter Verbreitung im Darmkanal unter dem Namen der Lieberkühnschen Drüsen.

Wächst der Drüsenschlauch in die Länge, so legt er sich meist in Windungen und kann durch Raummangel genötigt werden, sich an seinem blinden Ende zu einem Knäuel aufzuwinden. Wir sprechen dann von einer knäuelförmigen Drüse (Fig. 42, 2), als deren bekanntestes Beispiel die Schweißdrüsen der Haut angeführt seien.

Eine anderweitige Vergrößerung der sezernierenden Oberfläche wird dadurch erreicht, daß sich der einfache Drüsenschlauch verzweigt, so daß von einem gemeinsamen Stamm zwei, drei oder mehr Äste auslaufen (Fig. 42, 4). Solche tubulöse verästelte Einzeldrüsen sind die Fundusdrüsen des Magens, dann die Glandulae uterinae der Gebärmutter.

Vereinigen sich zahlreiche derartige tubulöse verästelte Einzeldrüsen, so kommt eine zusammengesetzte tubulöse Drüse zur Ausbildung. Wir haben dann einen Hauptausführungsgang, in welchen die Einzeldrüsen entweder direkt oder in dessen Zweige sie münden (Fig. 42, 5). Hoden, Nieren, Tränendrüsen und seröse Drüsen der Zunge (v. Ebnersche Drüsen) zeigen ein solches Bauschema. Einen besonderen Untertypus der zusammengesetzt tubulösen Drüse repräsentiert die Leber. Hier verbinden sich die Tubuli einer jeden, das ganze Organ zusammensetzenden Einzeldrüse miteinander, so daß ein Netzwerk von Drüsenschläuchen entsteht.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den alveolären Drüsen. Ihre einfachste Form, die alveoläre Einzeldrüse, stellt ein kleines, mit sezernierenden Zellen ausgekleidetes Bläschen dar, von kugeliger, eiförmiger, kolbiger oder birnförmiger Gestalt, welches sich mittelst eines dünnen, hohlen, mit Zellen ausgekleideten Stiels, des Ausführungsganges, nach außen öffnet (Fig. 42, 6). Solche alveoläre Einzeldrüsen sind die kleinen Talgdrüsen der äußeren Haut.

Wenn sich, wie bei den großen Talgdrüsen oder den Meibomschen Drüsen der Augenlider, mehrere Bläschen vermittelst dünner, hohler Stiele in einen gemeinsamen Ausführungsgang öffnen, so entsteht eine alveoläre, verästelte Einzeldrüse (Fig. 42, 7, 8).

Zahlreiche alveoläre, verästelte Einzeldrüsen können sich wiederum miteinander verbinden und so eine alveoläre, zusammengesetzte Drüse bilden. Ein gemeinsamer Ausführungsgang verästelt sich, und in seine Zweige münden die alveolären, verästelten Einzeldrüsen ein. Ein solches Bauschema charakterisiert die Milchdrüse, das Pankreas und die Parotis (Fig. 42, 9).

Sehr häufig jedoch finden wir tubulösen und alveolären Bau miteinander vereinigt, und zwar so, daß ein Drüsentubulus an seinem Ende eine blinde, sackförmige Erweiterung aufweist, also in einen

Alveolus ausgeht; dann sprechen wir von alveolär-tubulösen Drüsen. Wir werden, wie bei den oben besprochenen Arten, auch hier alveolär-tubulöse Einzeldrüsen (Pylorusdrüsen des Magens), alveolär-tubulöse, verästelte Einzeldrüsen (Littresche Drüsen der Harnröhre) und alveolär-tubulöse, zusammengesetzte Drüsen (Unterkieferspeicheldrüse, Unterzungenspeicheldrüse, Schleimdrüsen der Mundhöhle, des Schlundkopfes und der Speiseröhre, Cowpersche Drüsen, Brunnersche Drüsen des Darms, Prostata und Lungen) unterscheiden.

Im Gegensatz zu diesen Drüsen mit Ausführungsgang (echte Drüsen, Glandulae apertae), gibt es aber auch noch Drüsen, welche keinen Ausführungsgang besitzen. Manche von ihnen können zwar im Embryonalleben einen solchen besitzen, doch geht er später zugrunde, wie z. B. bei der Schilddrüse. In derartigen Drüsen wird das von den Drüsenzellen produzierte Sekret (das Inkret) durch die Lymph- resp. Blutgefäße abgeführt und wir vereinigen Drüsen dieser Art zu der Gruppe der Drüsen mit innerer Sekretion (endokrine Drüsen, Glandulae clausae).

Das ganze Hohlraumsystem der Drüsen ist mit Zellen ausgekleidet, die vom Ausführungsgang bis zum Sekretionsraum sich allmählich in ihrer Form und auch in ihrer Struktur ändern. Das Drüsenlumen kann sich noch zwischen die den Sekretionsraum auskleidenden Zellen fortsetzen, und zwar in Form von feinen Röhrchen, die wir als Sekretkanälchen bezeichnen, und die sich sogar in das Innere der Drüsenzellen hinein erstrecken können.

Die meisten Drüsen, insbesondere Speicheldrüsen und Pankreas, besitzen einen exquisit lappigen Bau, d. h. kleine Bezirke (Läppchen, Lobuli) von Drüsensubstanz werden von starken Bindegewebszügen umhüllt und gegen ihre Nachbarn abgegrenzt. In ein jedes derartige Drüsenläppchen tritt ein Ast des Ausführungsganges ein, um sich in ihm zu verästeln, so daß wir inter- und intralobuläre Ausführungsgänge unterscheiden können. Mit dem Ausführungsgange dringen auch Gefäße und Nerven in das Drüsenläppchen ein; außerdem entsendet das interlobuläre Bindegewebe seine Fortsätze in das Läppchen, welche die einzelnen Tubuli und Alveolen mehr oder weniger vollkommen umhüllen.

Auch glatte Muskelzellen können einen Bestandteil der Drüse bilden; sie kommen meist als Umhüllung der größeren Ausführungsgänge vor, hier oft in mehreren Schichten übereinander gelagert, können aber in besonderen Fällen auch die Sekretionsräume selbst in einer dünnen Lage umgeben.

Das Aussehen der Drüsenzellen ist in den verschiedenen Drüsen verschieden, je nach dem von der Drüse gelieferten Produkte — Talg, Schleim, Glykogen usw. Es können aber auch die Zellen in einer und

derselben Drüse ein verschiedenartiges Aussehen zeigen. Einmal ändert nämlich die Drüsenzelle ihre Form und ihren Bau vom Ausführungsgange zum Sekretionsraum hin, dann aber unterliegen die den letzteren auskleidenden Zellen wesentlichen Bau- und Formänderungen, je nach dem physiologischen Zustand, in dem sie sich befinden.

Bei Beobachtung der Drüsenzelle in den verschiedenen Phasen ihrer sezernierenden Tätigkeit nehmen wir in ihrem Bau gewisse zu ihrer Tätigkeit in Beziehung stehende morphologische Änderungen wahr. Auf Grund einer fortlaufenden Reihe von Beobachtungen können wir so den ganzen Sekretionsprozeß, wenn auch noch immer mit gewissen Lücken, rekonstruieren. Die Zellen gewähren uns in den verschiedenen Stadien der Drüsentätigkeit unter dem Mikroskop verschiedene Bilder. Eine tätige Zelle, d. i. eine Zelle, welche das Sekret oder meistens nur eine Vorstufe des definitiven Sekretes in sich erzeugt, gibt während ihrer Tätigkeit ein anderes Bild als eine solche, die den Sekretionsprozeß bereits beendet hat und mit den letzten Umwandlungsprodukten des Sekretes angefüllt ist. Eine derartige sekretgefüllte Zelle soll nur noch die in ihr enthaltenen fertigen Produkte nach außen hin befördern, kann also im Gegensatz zur vorigen als eine ruhende Zelle bezeichnet werden. Wir können die Funktionen einer Drüsenzelle steigern oder abschwächen auf experimentellem Wege, mittelst Reizung entsprechender Nerven oder durch Anwendung gewisser Giftstoffe, die, in den Organismus eingeführt, entweder eine Steigerung (Pilokarpin) oder eine Hemmung (Atropin) der sezernierenden Tätigkeit veranlassen. Dadurch sind wir in die Lage gesetzt, experimentell verschiedene Funktionsphasen der Drüsenzelle hervorzurufen und im mikroskopischen Bild festzuhalten. Die Erforschung der Sekretionsprozesse stößt jedoch auf erhebliche Schwierigkeiten, hauptsächlich dadurch, daß wir in Ermangelung charakteristischer Reaktionen für die in der Zelle sich heranbildenden Sekrete (für Muzigen, Fermente) dieselben nicht vom Momente ihrer ersten Entstehung an verfolgen können. Wie weit wir noch von einer definitiven Erklärung des Entstehungsproblems des Sekretes entfernt sind, erhellt daraus, daß gegenwärtig zwei diametral voneinander verschiedene Anschauungen über die Entstehung der Sekretkörnchen vorliegen. Der überwiegende Teil der Forscher faßt letztere als Produkte des Zytoplasmas auf (Altmann, Zoja, Prenant, Bouin, Regaud, Mavas, Hoven), andere dagegen huldigen der Ansicht, daß dabei der Kern eine große Rolle spielt, indem er daran indirekt (Ogata, Garnier, Laguesse) oder direkt (Galeotti, Maziarski) beteiligt ist.

Es erscheint angezeigt, diese beiden so sehr divergierenden Anschauungen in Kürze darzustellen.

Zuerst wollen wir schildern, in welcher Weise sich nach Garnier, einem Anhänger der Lehre von der Herkunft der Sekretkörner vom

Kern, der Sekretionsprozeß abspielt, wobei wir als Beispiel eine seröse Drüse wählen.

Das Zytoplasma einer Zelle, die zu sezernieren beginnt, zeigt Netzstruktur und färbt sich mit sauren Farbstoffen (ist also azidophil). Innerhalb des fast homogenen Zytoplasmas des Basalteils der Zelle zeigt sich eine Differenzierung; es treten nämlich die Netzbälkchen zu Bündeln oder kompakten Massen zusammen, und zwar rings um den Kern oder an seinen Seiten in der Nähe der Basalmembran. Diese basalen fibrillären Gebilde zeigen anfangs eine nur schwache Basophilie. Der Kern weist gewisse Änderungen auf, vergrößert sich nämlich gleich dem in ihm enthaltenen Kernkörperchen, und das Chromatin diffundiert in den Kernsaft. In diesem Augenblicke nähern sich die Basalgebilde dem Kerne, treten mit ihm in Kontakt, indem sie sich unmittelbar mit der verdünnten Kernmembran verbinden. In der darauffolgenden Phase gibt der Kern in das Zytoplasma sein Chromatin ab, welches innerhalb des letzteren in Form von basophil sich färbenden Wolken erscheint; vor allem aber gibt der Kern sein Chromatin in diesen differenzierten Protoplasmateil ab, der von Solger als Basalfilamente beschrieben, von Davidoff als Ergoplasma und von Garnier als Ergastoplasma bezeichnet wurde. In dieser Phase zeigt der Kern eine weit geringere Chromatophilie als im Beginn der sekretorischen Funktion. Die Basalfilamente, die nun dank der Imprägnierung mit Chromatin eine stärkere Basophilie angenommen haben, spielen nach Garnier die wichtigste Rolle bei der Erzeugung der Sekretkörner. Die chromatische Substanz des Ergastoplasmas nämlich breitet sich in dem Plasmanetze aus, und die bis jetzt einheitlichen Basalfibrillen zerfallen in Körnchen. Zuerst erscheinen die Körnchen in den Knotenpunkten, dann in den Maschen des Netzes im basalen Teile der Zelle; sie nähern sich der freien Zelloberfläche, quellen auf und werden zuletzt nach außen befördert. Mit diesem Augenblicke verlieren die Basalfilamente ihre Bedeutung und können ganz schwinden oder eine gewisse Menge des vom Kerne in das Zytoplasma ausgestoßenen Chromatins, das während der stattgefundenen Sekretionsperiode nicht verbraucht worden ist, imprägniert weiterhin die Fibrillen bis zur folgenden Sekretionsperiode bzw. gibt Veranlassung zur Entstehung von Gebilden, die als Nebenkerne beschrieben wurden (Gaule, Nußbaum, Ogata). Es sind dies homogene Gebilde, die in der Färbung an den Kern erinnern und einen im Protoplasma gelegenen, für künftige Sekretionsperioden bestimmten Chromatinvorrat darstellen.

Anders sind die Anschauungen der Anhänger einer rein protoplasmatischen Abstammung der Sekretkörnchen. In letzter Zeit schreiben zahlreiche Autoren den Mitochondrien eine aktive Rolle bei der Bildung des Drüsensekretes zu (Regaud, Hoven, Kolster,

Takagi). Nach Hoven sind im Beginn des Sekretionsprozesses die Mitochondrien sehr zahlreich und stellen bei gewissen Tieren längere und dünnere, wellig verlaufende und sich kreuzende, bei anderen dagegen kürzere und dickere Fäden dar, die der Zellachse parallel liegen. Zwecks Erzeugung des Sekrets zerfallen die Mitochondrien in winzige Granulationen, die zuerst in der inneren Zellpartie auftreten. Allmählich an Größe zunehmend, ändern sie ihre histochemische Konstitution und zeigen gewöhnlich nicht mehr die färberische Reaktion der Mitochondrien, sondern eine ganz spezifische Färbung (in der Pankreasdrüse behalten sie die Mitochondrienfärbung) In dem Maße, wie Körnchen des Sekrets produziert werden, werden die Mitochondrien verbraucht und es bleiben zuletzt in der mit Sekret beladenen Zelle nur wenige Chondriokonten und Chondriomiten als Mitochondrialreserve zurück, um zur Rekonstitution des Chondrioms der betreffenden Zelle zu dienen. Nach Ausstoßung des Sekrets wachsen die im Basalteile der Zelle erhaltenen Mitochondrien in die Länge und erfüllen wiederum die Zelle. Nach Hovens Meinung entsprechen die basalen Filamente und das Ergastoplasma einem schlecht fixierten Chondriom und entstehen aus der Verschmelzung der Fibrillen.

II. Gewebe der Binde- und Stützsubstanzen.

Die zweite große Gruppe von Geweben, deren Besprechung wir uns jetzt zuwenden wollen, umfaßt die Binde- und Stützsubstanzen Was ihre Genese anlangt, so entstehen sie aus allen drei Keimblättern, ihre weitaus größte Masse wird aber geliefert von dem sog. Mesenchym, d. h. von aus dem mittleren Keimblatt auswandernden Zellmassen. Aus dem äußeren Keimblatt geht nur das Gliagewebe, das Stützgewebe des zentralen Nervensystems und das den Hohlraum des Augapfels erfüllende Glaskörpergewebe hervor. Das innere Keimblatt liefert das Chordagewebe, ein beim Menschen und allen höheren Wirbeltieren nur vorübergehende Bedeutung erlangendes Stützgewebe.

Während dem Epithelgewebe, ebenso wie dem später zu besprechenden Muskelgewebe und Nervengewebe in hervorragendem Maße aktive Funktionen zukommen, spielt das Binde- und Stützgewebe eine vorwiegend passive Rolle, indem es in seiner höchsten Ausbildung dem Körper Stütze und Halt verleiht. So bildet es beim Menschen in erster Linie das Skelett. Daneben aber ist es auch ein Bestandteil fast aller Organe des Körpers, verbindet dieselben zu einem Organismus, umgibt jedes einzelne Organ mit besonderen Hüllen und dringt auch in das Innere der Organe hinein, um ihre spezifischen Anteile zu stützen und durch trennende Scheidewände in charakteristischer Weise zu gruppieren.

Das Binde- und Stützgewebe offenbart seinen passiven Charakter auch darin, daß bei ihm, wenigstens in den meisten Fällen, der Schwer-

punkt der Gewebsbildung nicht in einer Vermehrung und spezifischen Ausbildung der Zellen liegt, sondern in einer von diesen Zellen gelieferten **Interzellular- oder Grundsubstanz**, wie sie bei keiner anderen Gewebsart wieder in die Erscheinung tritt. Sie gibt einer jeden Gruppe der Binde- und Stützsubstanzen ihr besonderes Gepräge, die Zellen selbst, die Matrix der Grundsubstanz treten ihr gegenüber in den Hintergrund. Physikalische und chemische Eigenschaften dieser Grundsubstanz unterliegen bei den einzelnen Gruppen großen Verschiedenheiten. Sie kann weichflüssig sein, sie kann fest, aber noch schneidbar und biegsam werden, sie kann schließlich steinhart, gänzlich unschneidbar und starr werden.

Die Grundsubstanz kann außerdem homogen und strukturlos sein oder es können in ihr faserige Elemente zur Entwicklung kommen, und diese Fasern können unter Umständen das ganze Gewebsbild vollkommen beherrschen, während die Grundsubstanz und die Zellen ganz in den Hintergrund treten. Die letzteren spielen überhaupt nur bei ganz wenigen Stützsubstanzen eine wirklich dominierende Rolle.

Unter Berücksichtigung aller dieser Gesichtspunkte können wir die folgende Einteilung der Binde-Stützsubstanzen aufstellen:

Einteilung der Binde- und Stützsubstanzen.

I. Stützgewebe reinzellig			1. Chordagewebe.
II. Stützgewebe ohne Zellen, nur aus Fibrillen bestehend			2. Glaskörpergewebe.
III. Stützgewebe aus Zellen und Interzellularsubstanz bestehend	a) Interzellularsubstanz ungeformt, flüssig		3. Gallertgewebe.
	b) Interzellularsubstanz rein fibrillär	α) Fibrillen intrazellulär	4. Retikuläres Gewebe. 5. Gliagewebe.
		β) Fibrillen interzellulär	6. Fibrilläres Bindegewebe.
	c) Interzellularsubstanz ungeformt, fest		7. Blasiges Stützgewebe.
	d) Neben einer fibrillären tritt auch eine ungeformte Interzellularsubstanz auf		8. Knorpelgewebe. 9. Knochengewebe.

Bevor wir in die spezielle Besprechung eintreten, möge noch eine allen Binde- und Stützsubstanzen gemeinsame Eigenschaft Erwähnung

finden, nämlich ihre ausgeprägte Wandlungsfähigkeit. Sie zeigt sich darin, daß ein Gewebe dieser Gruppe sich in das andere umwandeln kann. So wandelt sich Gallertgewebe in Bindegewebe, Bindegewebe und Knorpel in Knochen um. Diese Umwandlung vollzieht sich sowohl im Laufe der Ontogenese als auch der Phylogenese. Ein Skeletteil, der bei einer niederen Tierklasse knorpelig ist, kann bei einer höher stehenden aus Knochen bestehen. Auch das umgekehrte Verhalten findet sich; so ist die äußere Augenhaut bei Fischen und Amphibien knorpelig, bei Reptilien und Vögeln knöchern, bei Säugetieren dagegen wieder bindegewebig.

1. Das Chordagewebe.

Das Chordagewebe bildet beim Menschen in frühen Stadien der Entwicklung die Hauptstütze des Körpers, indem es einen zwischen Nerven- und Darmrohr längs verlaufenden Strang formiert, die Chorda dorsalis oder Rückensaite. Da es sich später fast vollkommen zurückbildet und für den Körper des erwachsenen Menschen nur von ganz untergeordneter Bedeutung ist, soll es hier nur ganz kurz erwähnt werden. Das Chordagewebe besteht aus den Chordazellen, mittelgroßen bis großen, blasigen Zellen, deren Form durch außerordentlich dichte Aneinanderlagerung nicht unwesentlich beeinflußt wird. Im Innern einer jeden Zelle kommt es zur Ansammlung von Flüssigkeit, die das Protoplasma zum großen Teil verdrängt, so daß der Kern häufig an die Wand gedrängt wird. Außen schließt ein stark verdicktes Ektoplasma den Zellkörper membranartig ab. Da die in den Zellen enthaltene Flüssigkeit unter einem hohen Druck (Turgor) steht und Zelle dicht an Zelle schließt, so erhält das ganze Gewebe einen nicht unerheblichen Grad von Festigkeit. Zur Erhöhung der letzteren können in dem Ektoplasma der Zellen auch noch fibrilläre Differenzierungen, sog. Tonofibrillen, auftreten.

Die Chordazellen bilden die Hauptmasse der Rückensaite. Nach außen sind sie umlagert von einer Schicht kleiner, protoplasmatischer Zellen, dem Chordaepithel. Dann folgen die den ganzen Zellstrang umhüllenden Chordascheiden.

Bei der später einsetzenden Bildung der knorpeligen Wirbel wird das Chordagewebe im wesentlichen zwischen die letzteren gedrängt und bildet in der knöchernen Wirbelsäule einen wesentlichen Bestandteil des in jeder Zwischenwirbelscheibe gelegenen Gallertkerns oder Nucleus pulposus.

2. Das Glaskörpergewebe.

Das Glaskörpergewebe bildet den Glaskörper, Corpus vitreum, im Auge des Menschen und der Wirbeltiere und verleiht demselben seine

eigentümliche Konsistenz. Im Gegensatz zu dem Chordagewebe besteht es ausschließlich aus feinsten Fibrillen, die zu dünneren und dickeren lockeren Bündeln zusammengelagert sind. Zellige Elemente fehlen in diesem Gewebe beim Menschen vollständig. Die Fibrillen verzweigen sich, bilden Netze und stehen sowohl ihrer färberischen Reaktion als auch ihrer Genese nach den später zu erwähnenden Gliafasern nahe, da sie wie diese in der Hauptsache ektodermalen Ursprungs sind. Sie wachsen im embryonalen Auge aus den Zellen der Netzhaut und dem Epithel der Linsenblase aus. Später vermischen sie sich allerdings zum Teil mit mesenchymalen Elementen, deren Zellen aber im Laufe der Entwicklung zugrunde gehen.

In den Maschen, welche dieses Netzwerk bildet, findet sich eine mukoidhaltige Flüssigkeit, der Humor vitreus.

3. Das Gallertgewebe.

Das Gallertgewebe (embryonales Bindegewebe, Schleimgewebe) besteht aus sternförmigen, verästelten Zellen, deren Ausläufer sich



Fig. 43. Gallertgewebe aus der subkutanen Schicht der Haut eines $3^1/_2$ Tage alten Hühnerembryos.

Ca. 640mal vergrößert. Man sieht zwei karyokinetische Figuren.

miteinander verbinden und ineinander übergehen (Fig. 43). Es bildet sich so ein protoplasmatisches Netzwerk, in dessen Maschen von den

Zellen eine schleimartige Masse ausgeschieden wird. Diese Grundsubstanz ist von weicher, zähflüssiger Konsistenz, strukturlos und außerordentlich wasserreich. In chemischer Beziehung stellt sie ein Gemisch von echtem wasserunlöslichem und durch Essigsäure fällbarem Muzin und wasserlöslichen und in Essigsäure nicht fällbaren Mukoiden dar.

Das Gallertgewebe findet sich bei höheren Tieren und beim Menschen in weiter Verbreitung im embryonalen Körper, aber nur in frühen Stadien der Entwicklung, in späteren Stadien finden wir es noch z. B. in der Schmelzpulpa und in der Nabelschnur. In der letzteren bildet es unter dem Namen der Whartonschen Sulze die Umhüllung der Nabelgefäße. Doch schon im zweiten Monat des Embryonallebens beginnt beim Menschen auch in der Nabelschnur sich das Gallertgewebe dadurch, daß die Zellen Fasern ausscheiden, in fibrilläres Bindegewebe umzuwandeln.

4. Das retikuläre Gewebe.

Das retikuläre Gewebe steht dem Gallertgewebe am nächsten. Wie dieses, besteht es ebenfalls aus einem Netzwerk anastomosierender Zellen, doch fehlt die die Maschen erfüllende Grundsubstanz (Fig. 44). In dem retikulären Gewebe kommt es konstant zur Bildung von Fasern. Sie sind ein Produkt der Zellen; man findet sie daher innerhalb oberflächlicher Partien der Zellen und deren Ausläufer, ringsherum vom Protoplasma umschlossen. Sie sind bei jüngeren Individuen feiner wie bei älteren und netzförmig angeordnet. Was die Natur dieser Fasern anbelangt, so nehmen sie nach Morjachin eine Mittelstellung zwischen den kollagenen und den elastischen Fasern ein (siehe fibrilläres Bindegewebe).

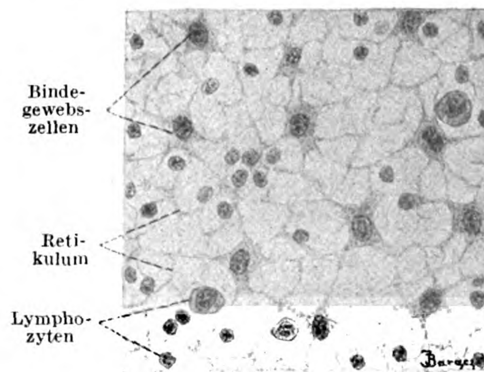


Fig. 44. Retikuläres Bindegewebe aus einer Lymphdrüse der Katze.

Pinselpräparat. Vergrößerung ca. 430mal.

Das retikuläre Gewebe findet sich an den verschiedensten Stellen des menschlichen Körpers, nie aber tritt es allein auf, sondern stets als Gerüst für die Lymphkörperchen, die dichtgedrängt in seinen Maschen liegen und die man erst aus dünnen Schnitten mechanisch (durch Pinseln oder Schütteln) entfernen muß, um das Retikulum zu Gesicht zu bekommen. Wir bezeichnen ein solches mit Lymph-

körperchen vollgepfropftes retikuläres Gewebe auch als lymphoides, adenoides oder lymphadenoides Gewebe. Es findet sich in den Lymphknoten, der Milz, den Mandeln und den Follikeln des Darmkanals. Was das retikuläre Gewebe der Thymus anbelangt, so sei schon hier hervorgehoben, daß es epithelialen (entodermalen) Ursprungs ist.

In chemischer Hinsicht nimmt das retikuläre Gewebe eine gewisse Sonderstellung ein. Es enthält nämlich eine, Retikulin genannte Substanz (Mall, Siegfried), die Reagenzien und der Verdauung gegenüber widerstandsfähiger sich erweist als das fibrilläre Bindegewebe und beim Kochen keinen Leim gibt.

5. Das Gliagewebe.

Das Gliagewebe bildet die Stützsubstanz für die nervösen Elemente des zentralen Nervensystems, findet sich also im Rückenmark, im Gehirn, im N. opticus und in der Netzhaut und ist wie diese ektodermalen Ursprungs. Es besteht aus Zellen, den Gliazellen und Fasern, den Gliafasern. Mit dem retikulären Gewebe stimmt es insofern überein, als die letzteren ganz oder teilweise innerhalb der ersteren gelegen sind.

Bezüglich der näheren Details sei auf das Kapitel Zentralnervensystem verwiesen. Hier sei nur soviel bemerkt, daß die Gliazellen in zwei verschiedenen Modifikationen auftreten, einmal in Form epithelartiger Formationen, der sog. Ependymzellen, welche den Hohlraum des Zentralnervensystems, den Zentralkanal des Rückenmarks und die Ventrikel des Gehirns auskleiden und dann als Astrozyten, sternförmigen Zellen mit zahlreichen Ausläufern überall zwischen den spezifischen Elementen des Zentralnervensystems, den Nervenzellen und Nervenfasern zerstreut.

Die Gliafasern sind lange Fasern von gleichmäßiger, aber sehr verschiedener Dicke; sie durchsetzen den Körper der Gliazellen auf weite Strecken und werden von deren protoplasmatischen Ausläufern umscheidet.

6. Das fibrilläre Bindegewebe.

Wenn es auch bei den bis jetzt genannten Arten der Bindesubstanzen normalerweise schon immer zur Ausbildung von Fasern kommt, so treten dieselben jedoch nie so sehr in den Vordergrund, wie bei dem nun zu besprechenden fibrillären Bindegewebe. Hier bildet die in Form von Fasern abgeschiedene Interzellularsubstanz den Hauptbestandteil des Gewebes, der gegenüber die Zellen stark zurücktreten.

Interzellularsubstanz (Grundsubstanz) Die Interzellularsubstanz findet sich im Bindegewebe in Form zweier Faserarten, der Bindegewebsfasern und der elastischen Fasern, ausgeschieden, die sich

physikalisch, chemisch und morphologisch wesentlich voneinander unterscheiden. Zwischen den Fasern ist eine nur spärlich vorhandene weiche, homogene, formlose Interfibrillarsubstanz gelegen, die gegenüber den eben erwähnten faserigen Interzellularbildungen im Präparat kaum in Erscheinung tritt.

a) Bindegewebsfasern. Die Bindegewebsfasern oder Bindegewebsfibrillen sind äußerst feine, 0,6—1 μ dicke, gleichartige unverzweigte Fäserchen, die sich immer zu Bündeln zusammenlegen (Fig. 45). Letztere sind dünner oder dicker und lassen in ihrer Substanz meist eine sehr deutliche Längsstreifung als Ausdruck ihrer Zusammensetzung aus feinsten Fäserchen erkennen. Innerhalb dieser Bindegewebsbündel werden die Fibrillen miteinander durch eine strukturlose eiweiß- oder schleimartige Interfibrillarsubstanz verkittet.



Fig. 45. Lockeres fibrilläres Bind.gewebe aus der Subkutis der Ratte.
Ca. 300 mal vergrößert.

Die Bündel können gerade, geschlängelt oder wellig verlaufen, sich kreuzen und durchflechten und können sich im Gegensatz zu den Fäserchen selbst, die niemals eine Verzweigung zeigen, verzweigen.

Interessant und nicht ganz aufgeklärt ist das Verhalten der Bindegewebsbündel solchen Reagenzien gegenüber, die, wie z. B. Essigsäure, sie aufquellen lassen. Es unterliegt nämlich das Bündel nicht in seinem ganzen Verlaufe einer gleichmäßigen Aufquellung, sondern zeigt stellenweise Einschnürungen. Das Zustandekommen der letzteren wird von den Forschern auf verschiedene Art erklärt und wird von den einen den elastischen Fasern, welche die Bindegewebsbündel rings umwinden sollen, von anderen den Fortsätzen der Bindegewebszellen zugeschrieben, von denen die Bündel umschnürt werden — wieder andere nehmen das Vorhandensein einer zarten strukturlosen Scheide rings um die Bündel an, die infolge der Quellung der Fibrillen zerreißt, jene Stellen jedoch ausgenommen, wo widerstandsfähigere

Verstärkungsfäserchen vorkommen, welche eine stärkere Aufquellung verhindern.

Optisch erweisen sich die Bindegewebsfasern als doppeltbrechend, sie sind positiv einachsig.

Chemisch zeigen die Bindegewebsfasern wichtige Eigenschaften. In kaltem Wasser quellen sie etwas auf, in kochendem Wasser schrumpfen sie stark zusammen und bei längerem Erhitzen in gespanntem Dampf lösen sie sich völlig. Behandelt man fibrilläres Bindegewebe mit verdünnten Säuren, wie Essigsäure, Zitronensäure, Salzsäure, so erleiden die Bindegewebsbündel eine ganz enorme Quellung, legen sich prall aneinander und bilden in ihrer Gesamtheit

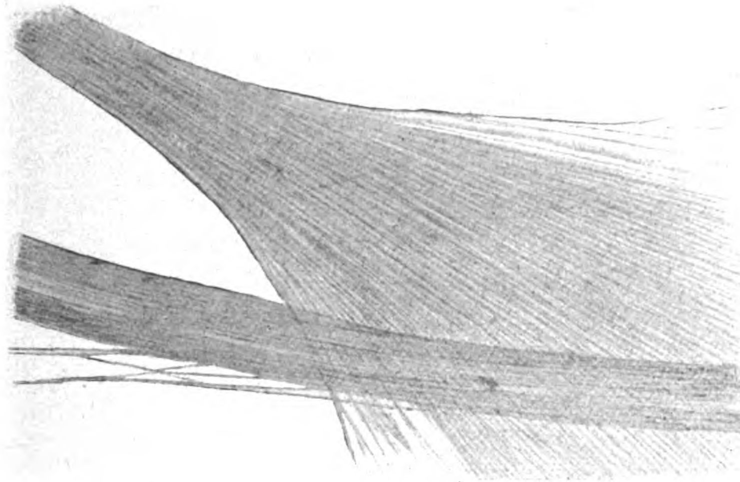


Fig. 46. Bindegewebsbündel aus einer Sehne der Maus mit Pikrinsäure behandelt und mit Nadeln zerzupft.
Ca. 800 mal vergrößert.

eine durchsichtige, gequollene Masse, die weder einzelne Bündel, noch einzelne Fasern erkennen läßt, weil ihre Umrisse gänzlich verwischt werden. Erwärmt man solches in Säuren gequollenes Bindegewebe, so löst es sich und verwandelt sich in Leim, Glutin. Man bezeichnet deshalb die Bindegewebsfasern auch als leimgebende, kollagene Fasern und ihren Hauptbestandteil als Kollagen. Kollagen und Glutin zeigen bei ganz ähnlicher chemischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften; es sind Albuminoide, wahrscheinlich ist das Glutin das Hydrat des Kollagens. Die Bindegewebsbündel werden ferner vom Magensaft verdaut, ebenso auch vom Pankreassaft, vom letzteren aber nur nach vorherigem Aufquellen in verdünnter Säure. Mit Alkalien behandelt quellen sie ebenfalls, zerfallen aber dann in einzelne Fibrillen. Es löst nämlich das Alkali die die Fibrillen verbindende

Substanz (Interfibrillarsubstanz); am besten bedient man sich zu diesem Zweck des Kalk- oder Barytwassers (Fig. 46).

b) Elastische Fasern. Die Bindegewebsfasern bilden die Hauptmasse des gewöhnlichen fibrillären Bindegewebes, neben ihnen findet sich aber nun am einen Orte mehr, am anderen weniger reichlich eine zweite Art von Fasern, die wir als elastische Fasern bezeichnen (Fig. 45, Fig. 50 Elf). Sie können dicker oder dünner sein, liegen jedoch immer einzeln, ohne, wie die Bindegewebsfasern, Bündel zu bilden. Sie verlaufen meist geschlängelt, peitschenschnurartig, verzweigen sich dichotomisch und können mit ihren Verzweigungen anastomosieren.

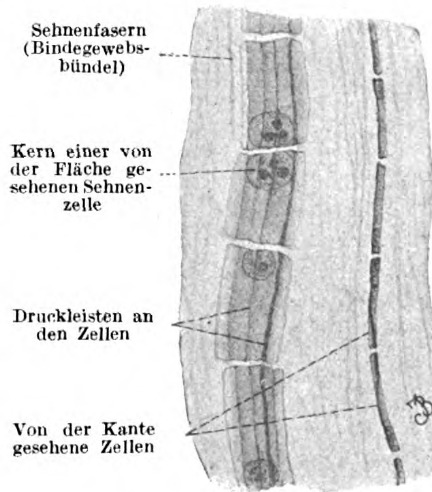


Fig. 47. Ein Stückchen Sehne vom Schwanz einer weißen Maus.

Zwischen den Bindegewebsbündeln sind Zellen reihenweise gelagert, von denen einige von der Fläche, andere dagegen von der Kante zu sehen sind. Ca. 400mal vergrößert.

Die elastischen Fasern zeichnen sich durch bedeutende Elastizität und starkes Lichtbrechungsvermögen aus, das ihnen einen hohen Glanz verleiht. Im Polarisationsmikroskop zeigt die elastische Faser eine wesentlich geringere Anisotropie als die Bindegewebsfaser.

Chemisch besitzt die elastische Faser resp. ihr Hauptbestandteil, das Elastin, eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gegen lösende Agenzien. Weder kaltes noch kochendes Wasser unter gewöhnlichen Verhältnissen, weder verdünnte Säuren noch verdünnte Alkalien vermögen sie zu ändern. Beim anhaltenden Erhitzen unter Druck lösen sich die elastischen Fasern, wobei ihr Elastin in Proto- und Deuteroelastose gespalten wird; sie liefern jedoch keinen Leim. Da sich die elastischen Fasern häufig von den sie an Masse beträchtlich übertreffenden Bindegewebsfasern im mikroskopischen Präparat nur schwer unterscheiden lassen, so bildet ihr Verhalten gegen verdünnte Säuren ein willkommenes Mittel zu ihrer Erkennung. Setzt man einem solchen Präparat einige Tropfen verdünnter Essigsäure zu, so quellen die Bindegewebsbündel stark auf, werden durchsichtig und es treten nun die unveränderten glänzenden elastischen Fasern aus dieser gequollenen Masse außerordentlich scharf hervor. Vom Magensaft wird das Elastin nur sehr langsam, rascher vom Pankreassaft gelöst.

Zwischen diesen Elementen der Interzellularsubstanz findet sich, an den verschiedenen Orten in verschiedener Mächtigkeit, ein System

von miteinander kommunizierenden Spalten und Lücken, das Saftlückensystem, das zur Ernährung des Bindegewebes dient und mit Lymphe gefüllt ist. In diesen Lücken liegen außerdem die Bindegewebszellen.

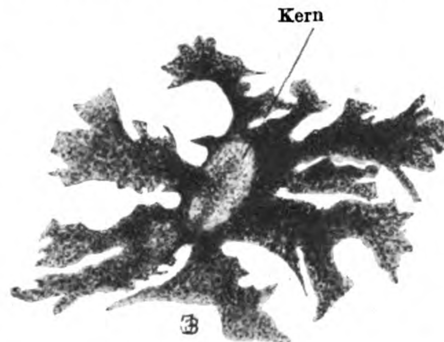


Fig. 48. Pigmentzelle aus der Haut eines neugeborenen Salamander.
Ca. 200mal vergrößert.

Zellen des Bindegewebes. Wenn auch die Zellen in dem gewöhnlichen Bindegewebe gegenüber den Fasern stark in den Hintergrund treten, so finden sie sich doch in erheblicher Menge und zeigen recht charakteristische Formen. Man kann im Bindegewebe sechs verschiedene Arten von Zellen unterscheiden: a) Fibroblasten, b) Mastzellen, c) Klasmatozyten, d) Lymphozyten, e) Plasmazellen und f) eosinophile Zellen.

a) Fibroblasten (Fig. 45 und Fig. 50 Fb). Dies sind die eigentlichen Bindegewebszellen, denen allein die Fähigkeit, faserige Interzellularsubstanz zu erzeugen, zukommt, große Zellen, welche sich



Fig. 49. Aus dem subkutanen Bindegewebe der Ratte.
Längs der Gefäße finden sich Mastzellen und zwei Fettzellen. Ca. 540mal vergrößert.

allenthalben zwischen den Fasern zerstreut finden und sich dadurch auszeichnen, daß ihr Körper sehr dünn, platt ist und zahlreiche, lappige, kiel- oder segelartige Fortsätze aussendet, welche sich den Bindegewebsfasern dicht anlegen. In seitlicher Ansicht erscheinen sie spindelförmig. Der Kern ist groß, oval; infolge spärlichen, regelmäßig verteilten Chromatins erscheint er blaß und umschließt deutliche Nukleolen. Im Zellkörper finden sich Plastosomen und manchmal

kleine Fettröpfchen. Form und Anordnung der Fibroblasten wechselt außerordentlich mit der größeren oder geringeren Dichtigkeit und der Anordnung der Bindegewebsbündel. So können sie im lockeren Bindegewebe in ganzen Haufen zusammenliegen, im geformten Bindegewebe sich zu Zellreihen, Zellstreifen oder -säulen nebeneinander gruppieren (Fig. 47).

Die Fibroblasten können in ihrem Körper Pigmente enthalten, wir bezeichnen sie dann als pigmentierte Bindegewebszellen oder Pigmentzellen (Fig. 48), sie können Fett in großen Massen in sich aufspeichern und zu Fettzellen werden.

b) Mastzellen (Fig. 49 und 50 Mz). Wir verstehen unter dieser von Ehrlich eingeführten Bezeichnung große, rundliche, ovale oder längliche Zellen, die als charakteristischen Bestandteil in ihrem Zellkörper massenhaft Körnchen enthalten, welche ein eigenartiges Verhalten gegen basische Teerfarbstoffe zeigen. Die Körnchen der Mastzellen sind schwer zu konservieren, da sie in Wasser und wäßrigen Lösungen mehr oder weniger löslich sind. Sie färben sich in frischem Zustand lebhaft mit Neutralrot. Im fixierten Präparat färben sie sich mit gewissen blauen, basischen Farbstoffen (Thionin, Toluidinblau) intensiv rot, was wir als eine metachromatische Färbung bezeichnen. Ihr oft von den Körnern verdeckter Kern ist rund oder oval, hell, nach der Färbung bleibt er ebenfalls blässer als die Kerne der anderen Zellarten. Die Mastzellen finden sich überall im Bindegewebe, entweder zerstreut oder in Gruppen, am reichlichsten in der Nähe der Gefäße, die sie oft, wie z. B. im Mesenterium, auf weite Strecken flankieren (Fig. 49) und in der Umgebung der Fettläppchen. Ihre größte Ausbildung erlangen sie im Bindegewebe von Maus und Ratte. Ehrlich war ursprünglich der Ansicht, daß diese Zellen bei erhöhter Nahrungszufuhr eine stärkere Ausbildung erfahren und gab ihnen deshalb den Namen „Mastzellen", doch hat diese Ansicht späteren Forschungen nicht standgehalten, die ergeben haben, daß sich die Mastzellen auch beim hungernden und winterschlafenden Tier in gleicher Ausbildung finden (Ballowitz). Eine nicht unwichtige, physiologische Rolle scheinen allerdings diese Zellen für den Körper zu spielen, dafür spricht ihr konstantes Vorkommen, dafür spricht auch ihr Verhalten bei den pathologischen Prozessen der Entzündung und Eiterung (Maximow).

Die Tatsache, daß bei manchen Tieren im Innern des Kerns gröbere oder feinere Partikelchen vorhanden sind, die wie die Granula auch eine metachromatische Färbung annehmen (Ehrlich und Lazarus), läßt vermuten, daß die Granulasubstanz im Kern gebildet und dann ins Protoplasma ausgeschieden wird (Maximow). Dieser letztere Forscher ist sogar der Ansicht, daß die Mastzellen Drüsenfunktion verrichten, indem sie eine in ihrem Protoplasma

ausgearbeitete, näher nicht bekannte Substanz an die umgebenden Gewebe abgeben.

Außer im Bindegewebe kommen Mastzellen auch im Blute vor als eine besondere Art von Leukozyten. Diese Blutmastzellen unterscheiden sich von denen des Bindegewebes durch das Verhalten des Kerns, welcher bei den ersteren die Form eines zusammengeknickten Schlauches von unregelmäßiger Dicke mit oft sehr tiefen Einschnürungen zeigt. Das Verhältnis der Mastzellen des Bindegewebes (histogene Mastzellen) zu denen des Blutes (hämatogene Mastzellen) ist nicht aufgeklärt. Vielleicht können diese zwei Zellarten sich gegenseitig substituieren, da bei Tieren mit spärlichen Mastzellen im Bindegewebe (Kaninchen) zahlreiche Mastzellen im Blute erscheinen und umgekehrt (Ratte, Maus, Katze).

c) Klasmatozyten (Fig. 50 Kl). Diese von Ranvier entdeckte Zellform bildet ebenfalls einen konstanten Bestandteil des Bindegewebes. Es sind meist lang ausgezogene, oft recht vielgestaltige, scharf begrenzte Zellen, die nicht selten mehrere zipfelförmige Ausläufer besitzen. Der Zellkörper enthält gewöhnlich in der Nähe des Kernes glänzende gelbliche Körnchen, die aber keine metachromatische Färbung mit basischen Farbstoffen geben. Die Kerne sind unregelmäßig, kleiner und dunkler als in den Fibroblasten. Die Klasmatozyten finden sich allenthalben im Bindegewebe in Gesellschaft der Fibroblasten, gewöhnlich aber in der Nachbarschaft der Blutgefäße und der Fettläppchen. Nach Ranvier sollten diese Zellen bei Amphibien eine Art von Drüsen darstellen, indem sich Stücke der Zellausläufer abschnüren und sich in der Gewebsflüssigkeit auflösen (Klasmatose). Es hat sich aber herausgestellt, daß die von Ranvier bei den Amphibien beschriebenen Zellen gar keine Klasmatozyten, sondern Mastzellen sind. Da nach neueren Forschungen die Klasmatozyten sessil gewordene, modifizierte Wanderzellen sind, so schlägt Maximow für sie den Namen ruhende Wanderzellen vor.

d) Lymphozyten, Wanderzellen (Fig. 50 Wz), finden sich allenthalben im Bindegewebe und erhalten fortwährend Zuzug durch zellige Elemente des Blutes und der Lymphe, welche aus den Gefäßen heraus und in das Bindegewebe eintreten; am reichlichsten treten sie in der Umgebung der Gefäße, zwischen den Fettzellen und in den serösen Membranen, besonders im Netz, auf. Ihre Form ist ebenso wechselnd wie ihre Größe, doch erreichen sie nie die Größe der früher beschriebenen Zellarten. Den Wanderzellen kommt in ausgedehntem Maße die Fähigkeit der amöboiden Bewegung zu. Sie können auf ihrer Wanderung durch die Bindegewebsspalten die verschiedenartigsten Stoffe in ihrem Körper aufnehmen und verarbeiten; so können sie von außen her in den Körper eingedrungene Schädlinge,

wie Bakterien, aufnehmen und unschädlich machen (Phagozyten) (Fig. 50 Plb). Sie spielen infolgedessen bei pathologischen Prozessen eine außerordentlich wichtige Rolle. Nicht nur durch das Bindegewebe wandern sie durch, sondern sie treten auch in Epithelien ein und gelangen, zwischen den Epithelzellen sich durchzwängend, schließlich auf die innere oder äußere Oberfläche des Körpers.

e) Plasmazellen (Fig. 50 Plz). Diese von Unna zuerst beschriebene Zellart findet sich im normalen Bindegewebe nur recht selten, häufiger kommt sie in den blutbildenden Organen vor. Es sind meist rundliche oder polygonale Zellen von sehr verschiedener Größe; ihr netzmaschiges Protoplasma enthält keine Körnchen, zeigt aber, und das ist für sie charakteristisch, eine starke Verwandtschaft zu manchen basischen Teerfarbstoffen, wie Methylenblau. Im Innern des Zellkörpers bleibt immer eine Stelle schwächer gefärbt, sie beherbergt mehrere Zentralkörperchen. Es scheint aber, daß unter normalen Bedingungen die Zentralkörperchen in den Plasmazellen in Diplosomenform auftreten. Am häufigsten finden sie sich im Netz des Kaninchens. Sehr wichtig ist ihre Rolle bei pathologischen Prozessen, hier entwickeln sie sich aus ausgewanderten Lymphozyten.

f) Eosinophile Zellen (Fig. 50 Eos). Sie finden sich unter normalen Verhältnissen nur sehr selten und stellen aus der Blutbahn ausgewanderte eosinophile Leukozyten dar, welche das Bewegungsvermögen eingebüßt und im Bindegewebe sich festgesetzt haben. Der zum Untergange bestimmte Teil derselben unterliegt einer Degeneration. Meist rundliche, mittelgroße Zellen mit polymorphem, ringförmigem, wurstförmigem Kern. Um den Kern herum liegen zahlreiche feinere oder gröbere Körnchen, welche eine besondere Verwandtschaft zu sauren Teerfarben, wie Eosin, zeigen.

Diese so verschiedenartigen Zellen des Bindegewebes stammen in letzter Linie alle von den Zellen des Mesenchyms ab. Ursprünglich sind alle Zellen des Mesenchyms auf dem Stadium des früher beschriebenen Gallertgewebes gleichartig und fix. Eine Sonderung tritt beim Kaninchen erst am 12. Tage ein, und zwar vornehmlich in der Umgebung der Gefäße. Hier verliert ein Teil der Mesenchymzellen ihre Sternform und wandelt sich zu runden Wanderzellen, histogenen Wanderzellen um. Wir haben nun im Mesenchym zwei Arten von Zellen; der einen kommt die Aufgabe zu, die typische Interzellularsubstanz des späteren Bindegewebes, die kollagenen und elastischlen Fasern zu bilden, wir bezeichnen sie fortan als Fibroblasten, die anderen, die histogenen Wanderzellen, liefern den größten Teil der übrigen zelligen Bestandteile (Maximow).

Während nun die Fibroblasten ihren einmal angenommenen Charakter das ganze Leben hindurch beibehalten, erleiden die histogenen Wanderzellen wichtige Veränderungen. Unter starker Wucherung,

verwandeln sie sich nach und nach zu Lymphozyten, zu Zellen, die den Lymphozyten der Gefäße, den hämatogenen Lymphozyten, völlig gleichen. Ein Teil derselben wird sessil, vergrößert sich und wird zu Klasmatozyten, ein anderer Teil bildet spezifische Granulationen aus und stellt die Mastzellen dar, ein dritter endlich wandelt sich in Plasmazellen um. Die eosinophilen Zellen stammen sämtlich aus der Blutbahn, sie sind emigrierte Leukozyten.

Die Bildung der kollagenen und elastischen Fasern aus den Fibroblasten ist lange Zeit ein heiß umstrittenes Gebiet der Histogenese gewesen, und auch noch gegenwärtig stehen sich diesbezüglich zwei Ansichten — die eines extra- bzw. intrazellulären Ursprungs der Fasern — einander gegenüber. Nach der einen Anschauung soll von den Zellen zunächst eine kolloidale Grundsubstanz ausgeschieden werden, in der sich dann unabhängig vom Zellkörper infolge orientierter Zug- und Druckspannung bestimmt geordnete Fibrillen ausbilden (Virchow, Kölliker, v. Ebner, Merkel), die andere Ansicht dagegen läßt die Fibrillen in der äußersten Schicht des Zellprotoplasmas entstehen (Lwoff, Flemming, Reincke, Spuler, Maximow, Livini, v. Korff, Meves, Frederikse). Die drei letztgenannten Autoren weisen nach, daß an der Bildung der Bindegewebsfibrillen die in den Zellen zahlreich auftretenden Mitochondrien direkt teilnehmen, daß die Bindegewebsfibrillen ganz einfach funktionell differenzierte Chondriokonten sind. Heute dürfen wir mit einiger Bestimmtheit die letztere Anschauung als die zutreffende bezeichnen. Nach Meves nehmen die anfangs im Innern des Zytoplasmas gelegenen Chondriokonten nach und nach eine epizelluläre Lage ein, wobei sie ihre chemische Beschaffenheit so ändern, daß sie sich bei Anwendung von Mitochondrienfärbung nicht mehr färben. An der Bildung einer Fibrille sind mehrere Zellen beteiligt, deren jede einen Fibrillenabschnitt liefert. Die einzelnen Abschnitte verbinden sich untereinander. Nachdem die Fibrillen abermals ihre chemische Beschaffenheit geändert und sich in Kollagen umgewandelt haben, befreien sie sich von den Zellen und kommen zwischen dieselben zu liegen. Frederikse beobachtete an seinen Präparaten sogar einen direkten Übergang von Mitochondrien in Bindegewebsfibrillen. Die Bindegewebsfibrillen werden also innerhalb des Körpers der Fibroblasten gebildet und dadurch frei, daß sich das Zellprotoplasma von ihnen zurückzieht. Ebenso ist die Entstehung der elastischen Fasern eine umstrittene Sache. Die einen behaupten, sie entstünden in der Grundsubstanz (Gerber, Schwalbe, v. Ebner, Henneguy), von anderen (O. Hertwig, Bubnoff, Gardner, Spuler, Spalteholz) wird angegeben, daß die erste Anlage der elastischen Fasern innerhalb des Zellprotoplasmas in Form von feinen Körnchen sich findet, die sich aneinander legen und zur Bildung von feinen

Fasern miteinander verschmelzen. Manche Forscher (Kuskow, Retterer) lassen auch an der Bildung der elastischen Fasern die Zellkerne teilnehmen. Unentschieden bleibt, ob die elastischen Fasern und die Bindegewebsfasern von besonderen Zellen (Elastoblasten resp. Fibroblasten) gebildet werden, oder ob die Fibroblasten die Fähigkeit besitzen, auch die elastischen Fasern zu bilden.

Je nach der verschiedenen Ausbildung und Anordnung der fibrillären Substanz und je nach der besonderen Entwicklungsrichtung, welche die Fibroblasten nehmen, können wir folgende Untergruppen des Bindegewebes unterscheiden.

1. Das lockere (formlose, interstitielle) Bindegewebe (Fig. 45 und 50). In ihm bilden die Bindegewebsbündel ein lockeres Geflecht, durchsetzt von dünnen, an der einen Stelle spärlicher, an der anderen reichlicher entwickelten elastischen Fasern. Im lockeren Bindegewebe kommen alle die früher erwähnten Zellarten vor. Es bildet eine lockere Füllmasse im Innern der Muskeln (Perimysium internum), im Innern der verschiedensten Drüsen, zwischen Haut und Muskulatur (subkutanes Bindegewebe) und an vielen anderen Stellen.

2. Das geformte Bindegewebe. Die Formen, unter denen dieses Gewebe auftreten kann, sind außerordentlich variabel, sie alle haben aber das Gemeinsame, daß die Bindegewebsbündel dichter gelagert und gesetzmäßig gerichtet sind unter dem Einfluß mechanischer Ursachen (Druck- und Zugwirkung). Damit kommt auch in die Anordnung der zelligen Elemente, die hier fast ausschließlich zur Gruppe der Fibroblasten zählen, eine unverkennbare Gesetzmäßigkeit, sie ordnen sich schichten- oder reihenweise an. So laufen z. B. alle Bindegewebsfasern innerhalb der Sehnen parallel (Fig. 46) und dicht gedrängt nebeneinander und die Zellen bilden zwischen den Faserbündeln Längsreihen (Fig. 47). Eine Zelle reiht sich unmittelbar an die andere, sie füllt den minimalen Raum, der zwischen den benachbarten Bündeln liegt, mit ihrem dünnen Körper aus und sendet von letzterem flügelförmige Fortsätze aus, die die Faserbündel einhüllen. Auf den Zellreihen treten zwei oder drei parallele Reihen von dunkleren Streifen auf, welche nichts anderes sind als auf der Zelloberfläche verlaufende Leisten. Sie verdanken ihre Entstehung dem Drucke seitens benachbarter Bündel, zwischen die sich die Zellen einschieben. An anderen Stellen dagegen, z. B. in der Hornhaut, weisen die Bindegewebsbündel eine exquisit lamelläre Anordnung auf, deshalb sind auch die Zellen auf dem Querschnitt des Organs in parallelen Reihen angeordnet und finden ihre Hauptausdehnung in einer Ebene. Solches geformte Bindegewebe bildet die Faszien, die Aponeurosen, das Perimysium externum, die Sehnen und Bänder, die Grundsubstanz der Hornhaut und die Sklera, die Grundsubstanz der serösen Häute und vieler Schleimhäute und die Lederhaut.

3. Das elastische Gewebe. Übertrifft in einem Gewebe die Zahl der elastischen Fasern die der Bindegewebsfasern um ein bedeutendes, so sprechen wir von einem elastischen Gewebe. Die elastische Substanz kann nicht nur in Form von Fasern, sondern auch in Form von Netzen, Häuten und Platten auftreten. Es kann dieses Gewebe besondere Organe bilden, als deren Beispiel das Nackenband erwähnt sei (Fig. 52). Hier erreichen die elastischen Fasern eine recht bedeutende Dicke, liegen dicht zusammen, nur von geringen Mengen kollagenen Gewebes getrennt. Den Fasern dicht an liegen Zellen mit dünnem, häutigem Protaplasmaleib, der die elastischen Fasern wahrscheinlich mit einem kontinuierlichen Protoplasmaüberzug umgibt. In der Wand der Blutgefäße findet sich das elastische

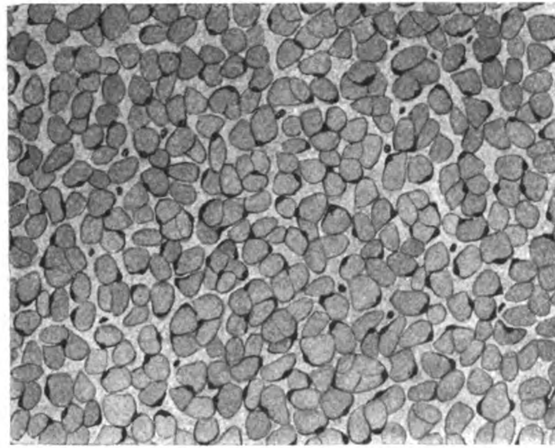


Fig. 52. Querschnitt durch das Ligamentum nuchae des Ochsen. Ca. 200mal vergrößert.

Gewebe in reicher Entfaltung; hier bildet es Netze, welche eine solche Verbreiterung der Fasern und dementsprechende Verringerung der Maschenweite zeigen, daß elastische gefensterte Häute, sog. Membranae fenestratae, entstehen. Auch an dem Aufbau mancher anderen Organe, z. B. der Atmungsorgane, nimmt das elastische Gewebe einen hervorragenden Anteil.

4. Das Fettgewebe. Das Fettgewebe kann an bestimmten Stellen eine kolossale Entwicklung erreichen und besitzt in diesen Fällen seine eigenen Anlagen. Es bestehen nämlich gewisse konstante Ausgangspunkte für die Entwicklung des Fettgewebes, sog. Primitivorgane der Fettläppchen (Kölliker) oder Fettkeimlager (Toldt), wie wir sie in der Nierengegend, im Mesenterium, in den Ansatzstellen der Extremitäten (Achselhöhle und Inguinalgegend), im Hals, im subkutanen Gewebe (Panniculus adiposus) vorfinden. In anderen Fällen wieder trifft man Fettzellen, die in kleineren, mehr

zufälligen Ansammlungen oder sogar vereinzelt im lockeren Bindegewebe zerstreut liegen.

Es bestehen zwei verschiedene Anschauungen über die Stellung des Fettgewebes. Nach der einen ist es nichts anderes als eine Abart des fibrillären Bindegewebes (Flemming), die andere sieht in ihm eine besondere Gewebsart (Kölliker, Toldt), die sich aus spezifischen Fettgewebszellen (Toldt) oder Fettbildungszellen (Steatoblasten) (Schaffer) entwickelt. Die Anhänger der ersten Theorie schreiben einem jeden Fibroblasten die Fähigkeit zu, in seinem Körper Fett zu erzeugen und anzusammeln und behaupten, daß jene angeblich spezifischen Fettgewebszellen der anderen Autoren aus fixen Binde-

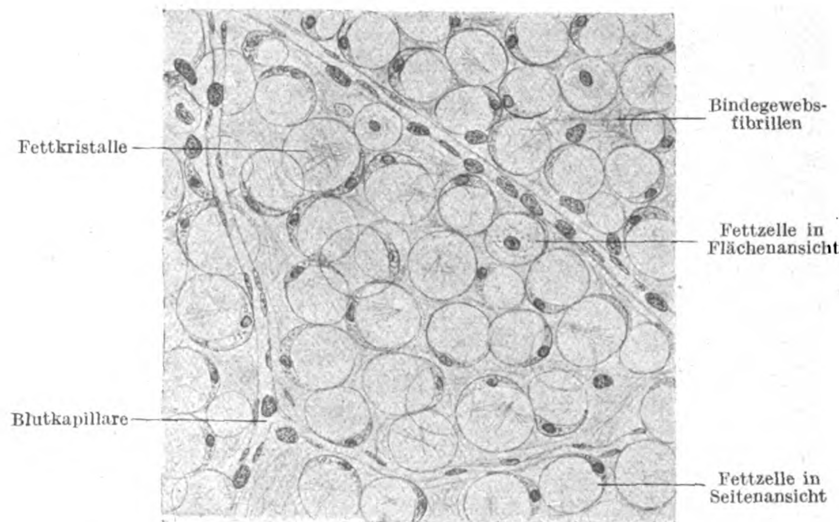


Fig. 53. Fettgewebe aus der subkutanen Schicht der Haut einer weißen Maus. Ca. 200mal vergrößert.

gewebszellen (Fibroblasten) hervorgehen (Flemming, Hammar, Berg), indem die letzteren ihren Charakter verlieren, ihren sternförmigen Körper abrunden und die faserbildende Tätigkeit einstellen. Wo es zur massenhaften Entwicklung von Fett in den Zellen kommen soll, wird der Prozeß durch reichliche Vaskularisierung eingeleitet. Zellen, die in ihrem Körper Fett produzieren, sind protoplasmareich, von großer, annähernd kugeliger Form und entbehren anfangs einer Zellmembran. Schon in den frühesten Lebensperioden erzeugen sie in ihrem feingranulierten Protoplasma die ersten kleinen Fetttröpfchen, die rasch an Zahl zunehmen, sich vergrößern und bald zu großen, oft bis 130 μ messenden Tropfen konfluieren. Dabei entwickelt sich durch Verdichtung des Zytoplasmas an der Zelloberfläche eine Zellmembran und das ursprüngliche Zellprotoplasma wird mit-

samt dem Kern immer mehr an die Zellperipherie verdrängt, bis es schließlich als schmaler, kernhaltiger Saum den großen Fettropfen allseitig in sog. Siegelringform umhüllt (Fig. 51 und 53).

Solche Zellen häufen sich zu kleinen Gruppen, zu sog. Fettläppchen oder Fetträubchen (Fig. 51), welche durch die spärlichen, von Fibroblasten gebildeten kollagenen Fasern zusammengehalten und umhüllt werden. Zwischen den Fettzellen finden sich in geringer Menge Wanderzellen, in der Umgebung der Fettläppchen dagegen Mastzellen und Klasmatozyten. Die Fettgewebsläppchen sind außerordentlich reich vaskularisiert. Ein jedes Fettläppchen besitzt ein selbständiges, völlig abgeschlossenes Blutgefäßsystem; eine Arterie tritt ein, zerfällt in ein dichtes Kapillarnetz, aus dem zwei abführende Venen hervorgehen.

Eine wichtige Rolle bei der Fetterzeugung wurde von vielen Seiten den in jungen Fettzellen enthaltenen Granulis zugeschrieben (Metzner, Altmann). Die neuesten Untersuchungen haben dargetan, daß bei der Fettbildung die Mitochondrien aktiv beteiligt sind. Dubreuil fand nämlich, daß zuerst im Zentrum der Mitochondrien unter Größenzunahme derselben je ein lipoides Kügelchen auftritt, welches auf Kosten der Mitochondrialsubstanz zunimmt und dieselbe zuletzt gänzlich ersetzt; in dieser Weise werden die Mitochondrien in lipoide Tröpfchen umgewandelt, die dann zu Fettropfen werden. Dubreuil schreibt den Mitochondrien die Fähigkeit zu, lipoide Stoffe auszuwählen und in ihrem Innern zu deponieren. Anderer Meinung ist Schreiner. Nach ihm werden die Fettvakuolen aus Granulis gebildet, die nicht mit den Plastosomen von Meves identisch sind, sondern aus dem Kern, und zwar von der Nukleolarsubstanz abstammen. Nach Verbrauch der Granula während der Fettbildung wandert die Nukleolarsubstanz aus dem Kern ins Zytoplasma aus.

Chemisch besteht das tierische Fett aus Estern des Glyzerins mit Fettsäuren, nämlich der Stearinsäure, der Palmitinsäure und der Ölsäure. Daneben finden sich dieselben Fettsäuren in freiem Zustande in geringer Quantität beigemengt. Das Fett ist unlöslich in Wasser und kaltem Alkohol, löslich in Äther, Benzol und Chloroform. Läßt man Fett an der Luft liegen, so tritt eine Zersetzung ein; es spaltet sich in Glyzerin und freie Fettsäure, die dann zu unangenehm ranzig riechenden Körpern weiter oxydiert wird. Die freie Säure, besonders ein Gemisch von Stearin- und Palmitinsäure, kristallisiert dabei in langen, dünnen Kristallnadeln aus. Diese sog. Margarinekristalle können auch innerhalb der Fettzellen im abgestorbenen Gewebe auftreten (Fig. 53).

Wichtig für den mikroskopischen Nachweis des Fettes ist sein Verhalten zum Osmiumtetroxyd, der sog. Osmiumsäure. Bringt man frisches Fettgewebe in eine 0,5—1%ige Lösung derselben, so

färben sich die Fettropfen zunächst hellbraun, dann dunkelbraun und schließlich tiefschwarz. Es wird nämlich durch das Fett der Osmiumsäure der Sauerstoff völlig entzogen, sie wird zu metallischem Osmium reduziert, welches sich in dem Fett in fein verteilter Form niederschlägt. Doch ist diese Eigenschaft nicht spezifisch für Fett; sie kommt, wie Altmann gezeigt hat, auch dem Olein zu, und außerdem gibt es noch andere Bestandteile des tierischen Organismus, z. B. gewisse Drüsengranulationen, die die gleiche Reduktionskraft besitzen. Spezifisch reagiert auf das Fett auch ein Pflanzenfarbstoff Alkannin, das in den Wurzeln der Alkanna (Anchusa tinctoria) enthalten und in Alkohol, Äther und fetten Ölen löslich ist. Alkoholextrakt von der Alkannawurzel verleiht dem Fett eine intensiv rote Farbe.

Charakteristisch für das Fett ist ferner dessen Verhalten zu einer kleinen Gruppe von Teerfarbstoffen, die man als indifferente Farbstoffe bezeichnen kann. Hierher gehören Sudan III, Scharlach R (Fettponceau) und Biebricher Scharlach. Sie färben in alkoholischer Lösung das Fett intensiv rot, während sie alles übrige ungefärbt lassen (Fig. 51).

Die Aufspeicherung von Fett im Zelleib ist keine spezifische Eigenschaft der Fettzellen und Fibroblasten, sondern ganz allgemein verbreitet; so können die Epithelzellen der verschiedensten Drüsen, die Zylinderzellen des Darms, Knorpelzellen, Leberzellen erhebliche Mengen von Fett enthalten.

Das im Organismus sich findende Fett rührt zum allergrößten Teil aus der aufgenommenen Nahrung her, ist Nahrungsfett. Es wird im Darmkanal resorbiert, auf dem Wege des allgemeinen Blutstroms den einzelnen Organen zugeführt und hier entweder verbraucht oder deponiert. So schafft sich der Organismus bei Zuführung fettreicher Nahrung in dem Fettgewebe, besonders in dem Fettpolster der Unterhaut einen mächtigen Vorrat an Nahrungsmaterial, ein mächtiges Kraftdepot, welches dann bei weniger zureichender Nahrung mit der Zeit aufgebraucht wird. Ein sehr instruktives Beispiel dafür bilden die sog. Winterschlafdrüsen. Sie stellen weiter nichts als ein während des Sommers stark entwickeltes Fettgewebe dar, welches während der nahrungslosen Zeit des Winterschlafes wieder aufgebraucht wird.

Ob außer diesem Nahrungsfett auch noch Fett aus anderen Nahrungsstoffen innerhalb des tierischen Organismus gebildet wird, ist eine der heiß umstrittensten Fragen der Physiologie. Mit einiger Sicherheit dürfen wir, wie schon Liebig nachzuweisen versucht hat, eine Bildung von Fett aus Kohlehydraten annehmen, eine Entstehung von Fett aus Eiweiß wird von einer Gruppe von Physiologen behauptet (Pettenkofer, Voit), von einer anderen entschieden bestritten (Pflüger).

Beim Fettverbrauch verschwinden bei jungen Tieren die Fettropfen aus den Zellen und die letzteren nehmen wieder das Aussehen der ursprünglichen Fibroblasten an. Nach Poljakow sollen dabei die feinsten Fettröpfchen, in welche die großen Tropfen sich zerspalten, von den überall zwischen den Fettzellen sich findenden Wanderzellen aufgenommen und den Blutkapillaren zugeführt werden, die den Weitertransport übernehmen. Bei älteren Tieren dagegen vermögen die Fettzellen sich nicht mehr in Fibroblasten zurückzubilden. Mit dem Schwunde des Fettes werden sie kleiner, sie atrophieren, und das früher zu einer peripheren Schicht zusammengedrängte Protoplasma durchsetzt nun strahlig den Zellkörper. Innerhalb der Protoplasmamaschen sammelt sich eine schleimige Flüssigkeit an; man hat den Prozeß nicht besonders zutreffend als seröse Atrophie des Fettgewebes bezeichnet.

Es kann aber auch, wie Flemming gezeigt hat, während des Fettschwundes zu einer Proliferation des Kerns kommen, so daß innerhalb des Fettzellenkörpers zahlreiche Kerne sich bilden. Jeder dieser Kerne kann einen kleinen Zellkörper um sich

bilden, so daß wir nun innerhalb der alten Fettzelle eine Anzahl junger Zellen gebildet sehen. In diesem Prozeß sah Flemming eine Verjüngung der atrophierten Fettzelle und bezeichnete ihn als Wucherungsatrophie.

Streng zu scheiden von der Aufnahme des Fettes durch die Zellen, von der Fettinfiltration ist die Fettdegeneration oder Fettmetamorphose. Hier wird innerhalb des Zellkörpers Fett in Form kleinster, nicht konfluierender Tröpfchen gebildet. Man hat früher die Bildung des Fettes in der Milchdrüse allgemein als einen solchen Prozeß aufgefaßt. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß es sich auch hier nur um Nahrungsfett handelt. Wenn wir also unter normalen Umständen nur von einer Fettinfiltration sprechen dürfen, so kommt die Fettdegeneration nur unter pathologischen Verhältnissen vor; indessen haben die Untersuchungen der neuesten Zeit auch hier eine Bildung von Fett aus Eiweiß recht fraglich erscheinen lassen.

5. Das pigmentierte Bindegewebe. Ganz ähnlich wie die verschiedensten Zellen in ihrem Körper Einlagerung von Fett zeigen

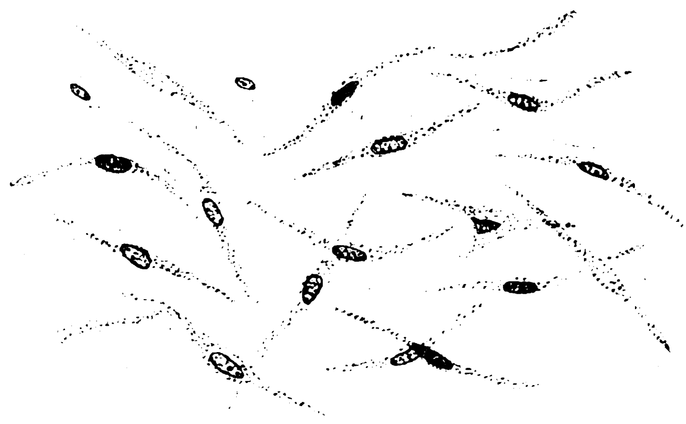


Fig. 54. Pigmentgewebe aus der Iris des Schimpansen.
Ca. 800mal vergrößert.

können, so können sie auch Pigment aufnehmen. Wir sprechen dann von einem pigmentierten Bindegewebe, wenn alle oder zahlreiche Fibroblasten eines lockeren oder geformten Bindegewebes Pigment in ihrem Zellkörper zeigen. Daß die sessilen Fibroblasten unter Umständen mobil, zu Wanderzellen werden können, ist schon früher erwähnt worden; vor allem gilt dies von den pigmentierten Fibroblasten, denen eine nicht unerhebliche Bewegungsfähigkeit zukommt.

In dem pigmentierten Bindegewebe können sich neben den zelligen Elementen des Bindegewebes auch dessen Fibrillen finden, und zwar in größerer oder geringerer Ausdehnung; so enthält z. B. die Grundschicht der Regenbogenhaut neben verästelten pigmentierten Fibroblasten nur relativ wenig kollagene und elastische Fasern (Fig. 54), die Tunica vasculosa der mittleren Augenhaut dagegen außerordentlich zahlreiche elastische Fasern. Bei farbigen Menschenrassen ist

auch die Kutis ein pigmentiertes Bindegewebe. Es finden sich in ihr verästelte Pigmentzellen überall zerstreut, vor allem aber dicht unter der Epidermis. Sie senden ihre Fortsätze zwischen die tiefsten Zellschichten der letzteren hinein und dürften wahrscheinlich den Transport des Pigmentes zu jenen Zellen hin besorgen.

Eine ungleich viel größere Verbreitung als beim Menschen erlangt das pigmentierte Bindegewebe bei niederen Wirbeltieren. Hier bilden die Pigmentzellen der Haut große stern- oder baumförmige Gebilde (Fig. 48) mit oft lappigen, weit verzweigten Fortsätzen. Körper und Fortsätze sind mit feinen Pigmentkörnchen völlig erfüllt. Unter dem Einfluß von äußeren oder inneren Reizen kann das Pigment aus den Fortsätzen in den Zellkörper zurückströmen und sich hier in einen Klumpen zusammenballen. Auf dieser Eigenschaft beruht der Farbwechsel, den viele Tiere (Frosch, Chamäleon, Cephalopoden) unter dem Einfluß des Lichtes oder psychischer Affekte erleiden. Man hat auch besondere Nervenfasern nachgewiesen, welche an diesen Zellen endigen (Leydig, Ballowitz, Eberth und Bunge).

Das Pigment tritt innerhalb der Zellen in Form von kleinen Körnchen, Stäbchen, Nädelchen auf.

Chemisch faßt man diese Pigmente unter dem Namen der Melanine zusammen. Sie sind in den meisten Solvenzien unlöslich und werden durch Chlor und Sauerstoff in statu nascendi und durch schweflige Säure gebleicht. Sie sind zum Teil schwefelhaltig, zum Teil schwefelfrei; manche von ihnen enthalten Eisen, was auf ihre Herkunft vom Blutfarbstoff hinweist. Über die Herkunft des Pigmentes stehen sich zwei Anschauungen gegenüber, nach der einen ist das Pigment ein Abkömmling des Blutfarbstoffes (Quincke, Schwalbe, Ehrmann), während die anderen das Pigment in der Zelle selbst entstehen lassen unter einer weitgehenden Beteiligung der Kernsubstanzen (Kaposi, Sieber, Meirowsky).

7. Das blasige Stützgewebe.

Als blasiges Stützgewebe bezeichnen wir ein Gewebe, das einerseits dem Chordagewebe sehr nahe steht, indem es, wie dieses, aus großen blasigen Zellen besteht, das aber andererseits insofern eine Weiterentwicklung erfährt und einen Übergang zum Knorpelgewebe anbahnt, daß um jede Zelle herum eine strukturlose Interzellularsubstanz ausgeschieden wird, die bei dem niedrigsten Grade der Entwicklung den Charakter einer Zellmembran annimmt. Indem diese Membranen benachbarter Zellen miteinander verschmelzen, entsteht zunächst ein dünnwandiges Gerüstwerk von Interzellularsubstanz, das in seinen Maschen die Zellen umschließt. Die letzteren lassen sich aber weder durch mechanische noch durch chemische Verfahren als selbständige Individuen isolieren. In höheren Graden der Entwicklung kann sich dieses interzelluläre Gerüst mehr und mehr verdicken, nimmt mehr und mehr den Charakter der Knorpelgrundsubstanz an und das blasige Stützgewebe geht damit in Hyalinknorpel über.

Bei Wirbellosen findet sich das blasige Stützgewebe in ziemlich weiter Verbreitung, bei höheren Wirbeltieren und beim Menschen tritt es, mit fibrillärem Bindegewebe vergesellschaftet, hauptsächlich in den sog. Sesamknoten und an den Insertionsstellen mancher Sehnen auf.

8. Das Knorpelgewebe.

Das Knorpelgewebe unterscheidet sich von den bis jetzt besprochenen Bindesubstanzen vor allem durch die härtere Konsistenz seiner Grundsubstanz (Interzellularsubstanz), die sie dem Gehalt an bestimmten chemischen Verbindungen verdankt. Die Knorpelgrundsubstanz verleiht dem Knorpel seine wichtigste Eigenschaft, seine Festigkeit, gepaart mit weitgehender Biegsamkeit. Die Grundsubstanz, die im Knorpel stärker oder schwächer entwickelt sein kann, wird von kollagenen bzw. von elastischen Fasern durchsetzt. Ohne spezifische Reagenzien sind die ersteren im mikroskopischen Bild manchmal nicht zu sehen, ein anderes Mal wieder läßt sich die Interzellularsubstanz des Knorpels von der Grundsubstanz des fibrillären Bindegewebes mikroskopisch kaum unterscheiden.

Nach den Untersuchungen von Mörner besteht die Knorpelgrundsubstanz aus Chondromukoid, Chondroitinschwefelsäure und Albumoid. Das erstere ist in Wasser unlöslich, löslich in verdünntem Alkali, aus welcher Lösung es durch Essigsäure, ähnlich wie Muzin, ausgefällt wird. Die Chondroitinschwefelsäure ist dagegen in Wasser leicht löslich, sie bildet zusammen mit dem Chondromukoid um die Knorpelzellen herum die sog. Chondrinballen, welche wieder in den Maschen eines aus Albumoid bestehenden Netzwerkes liegen. Dieses selbst ist ein dem Keratin und Elastin verwandter Eiweißkörper. Die Gegenwart der kollagenen Fasern in der Grundsubstanz bringt es mit sich, daß der Knorpel beim Kochen Leim gibt. Man hat diesen Knorpelleim, das Chondrin, früher als eine besondere Leimart dem Glutin, dem Bindegewebsleim, entgegengestellt. Heute wissen wir, daß der Knorpelleim weiter nichts ist als eine Mischung von Glutin, Albumoid, Chondroitinschwefelsäure und den beim Kochen entstehenden Zersetzungsprodukten des Chondromukoids.

Der Knorpel besteht also, wie die meisten Bindesubstanzen, aus Zellen und der Grund- oder Interzellularsubstanz, welche Bündel von kollagenen bzw. elastischen Fasern umschließt. Die Knorpelgrundsubstanz wird sonach von zweierlei Elementen gebildet: den Fibrillen und der einheitlichen Substanz, die zwischen den Fibrillen liegt und den Fibrillen bzw. Fibrillenbündeln gegenüber interfibrillär und interfaszikulär ist.

Je nach der Natur und der Anordnung der Fibrillen, welche die Grundsubstanz des Knorpels durchsetzen, können wir drei Knorpel-

arten unterscheiden: a) den hyalinen Knorpel, b) den Faserknorpel, c) den elastischen Knorpel.

a) Der hyaline Knorpel.

Der hyaline Knorpel bildet auf der Höhe seiner Entwicklung einen bläulichweißen mattglänzenden, in dünneren Schnitten durchscheinenden bis durchsichtigen Körper. Er findet sich beim Embryo in weiter Verbreitung als Stütze des Körpers und Vorläufer des knöchernen Skelettes, postembryonal treffen wir ihn als Überzug der zu Gelenken, Synchondrosen und Symphysen verbundenen Knochenenden, als Stützgerüst des Kehlkopfs (mit gewissen Ausnahmen), der Trachea und Bronchen, als knorpeliges Gerüst der Nase, in den Rippenknorpeln und an Stellen, wo Sehnen in Knochenrinnen laufen (Sulcus m. peronaei ossis cuboidei, Sulcus hamuli pterygoidei). Überknorpelt ist auch der

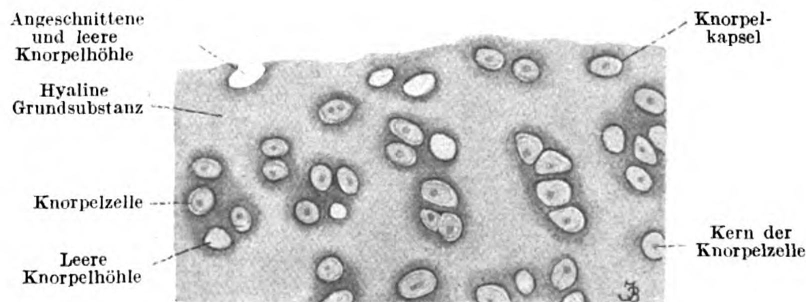


Fig. 55. Hyaliner Knorpel.
Aus einem Schnitte durch die Cartilago thyreoidea der Katze. Ca. 190mal vergrößert.

Ausschnitt zwischen Spina ischiadica und Tuber ischiadicum, die Incisura ischiadica minor.

Der hyaline Knorpel besteht aus einer hyalinen durchsichtigen Grundsubstanz, samt den in sie eingelagerten, nicht ohne weiteres erkennbaren kollagenen Fibrillen und aus den Knorpelzellen. Wenden wir uns zunächst zur Besprechung der letzteren.

Die Knorpelzellen (Fig. 55 und 56) sind kleine bis mittelgroße (3—30 μ), rundliche oder ovale Zellen, welche selten einzeln, häufiger in Gruppen von zwei und mehreren zusammenliegen. Die Aneinanderlagerung kann eine so dichte werden, daß sie die Zellform beeinflußt. Es können so semmelförmige, kugelsegmentartige, keilförmige Zellen entstehen. In den oberflächlichen Schichten des Knorpels sind die Zellen gewöhnlich kleiner, mehr abgeplattet und in Reihen angeordnet, welche zur Knorpeloberfläche parallel laufen. In der Knorpelmitte werden sie dagegen größer, ihre Form mehr rundlich. Sternförmige, verzweigte und mit ihren Ausläufern anastomosierende Knorpelzellen kommen bei höheren Wirbeltieren nur im

Embryonalleben und in pathologischen Knorpelneubildungen vor; bei den niedersten Wirbeltierklassen (Selachier) und bei Wirbellosen (Cephalopoden) bilden sie ein häufigeres Vorkommnis.

Das Protoplasma der Knorpelzelle zeigt faserigen Bau. Die Fäden sind meistens um den Kern dichter angeordnet und haben einen gewundenen Verlauf (Fig. 3). Sie entsprechen der Flemmingschen Filarmasse und den Mevesschen Chondriokonten. Im Protoplasma erscheint häufig Fett in Form von feinen Tröpfchen, Glykogen in kleinen Schollen, seltener Pigment in feinen Körnchen.

Der Kern ist rund, bläschenförmig, mit deutlichem Kerngerüst und scharf abgesetzter Kernmembran. Er enthält ein oder mehrere Nukleolen. Meist findet sich in der Knorpelzelle nur ein Kern, seltener zwei. Die Knorpelzellen enthalten einen schön entwickelten Netzapparat, der manchmal den Kern umschließt (Bergen, Pensa). Auch Zentriolen sind durch van der Stricht in der Knorpelzelle nachgewiesen worden. Die Vermehrung der Zellen erfolgt meist durch mitotische Teilung. Amitose scheint nur selten vorzukommen.

Die Grundsubstanz ist in frischem, jungem Knorpel vollkommen hyalin, durchsichtig, homogen und anscheinend strukturlos. Sie enthält der Form der Knorpelzellen entsprechende Höhlen, Knorpelhöhlen, in denen die Zellen liegen und die die letzteren vollkommen ausfüllen. Die Knorpelzelle ist gegen Reagenzien sehr empfindlich, sie schrumpft leicht, nicht selten zu einem unscheinbaren, zackig verzogenen Klümpchen zusammen, welches dann seine Knorpelhöhle nur noch sehr unvollkommen ausfüllt. Es kann auch vorkommen, zumal bei feinen Schnitten, daß die Knorpelhöhlen ganz leer erscheinen, dann sind die Zellen durch das Messer aus ihnen herausgerissen worden (Fig. 55 und 56).

Die Grundsubstanz des Hyalinknorpels, obwohl im frischen Zustande anscheinend strukturlos, weist doch in ihrem Bau gewisse Differenzierungen und Einzelheiten auf, die besonders nach Behandlung mit bestimmten Reagenzien und bei entsprechenden Färbungsmethoden zutage treten. Es zeigt nämlich die Partie der Grundsubstanz, die die Knorpelhöhlen unmittelbar in dünner Schicht umgibt, Eigenschaften, welche sie von dem Rest der Grundsubstanz einigermaßen unterscheiden und abgrenzen läßt. Sie ist stärker lichtbrechend und dadurch auch glänzender, besitzt eine intensivere Färbbarkeit mit bestimmten Farbstoffen, erscheint den Reagenzien gegenüber widerstandsfähiger und läßt sich deswegen durch chemische Mittel (Mazeration in dünner Salzsäure) isolieren, so daß man von besonderen Knorpelkapseln gesprochen hat (Fig. 56). Unter diesen die Zellen umgebenden Knorpelkapseln darf man jedoch nicht eine morphologische Individualität, sondern bloß einen etwas abgesetzten Teil der Grundsubstanz verstehen.

Charakteristisch ist das Verhalten der Grundsubstanz des Hyalinknorpels Reagenzien gegenüber. Sie besitzt, wenigstens im jungen Knorpel, in allen ihren Teilen eine starke Verwandtschaft zu basischen Farbstoffen, sie ist basophil. Es muß diese Eigenschaft auf die Anwesenheit der Chondroitinschwefelsäure zurückgeführt werden. Färbt man die Knorpelschnitte mit einer passenden Mischung eines blauen basischen und eines roten sauren Farbstoffs (z. B. Methylenblau und Säurefuchsin), so erhält man in der blaugefärbten Grundsubstanz rotgefärbte Partien. Die rote Färbung dominiert in den peripheren Knorpelpartien und von hier aus ziehen rote Streifen zwischen den Knorpelkapseln durch die blaugefärbte Grundsubstanz. Diese azidophile oder oxyphile Rotfärbung rührt her von dem Gehalt der Knorpelgrundsubstanz an kollagenen Fibrillen (Hansen). Da wo die Grundsubstanz im Verhältnis zu den kollagenen Fibrillen überwiegt, erhalten wir eine rein basophile (blaue) Färbung, das Kollagen wird maskiert (Hansen). Dort, wo dagegen der Gehalt an kollagenen Fasern steigt, vermag er auch das Färbungsresultat zu beeinflussen und wir erhalten dann eine azidophile (rote) Färbung (unmaskiertes Kollagen, Hansen). Ein derart gefärbter Schnitt (Fig. 56) zeigt, daß die gesamte Knorpelmasse in zahlreiche Territorien zerfällt, welche die Knorpelzellen umschließen. Die letzteren werden zunächst umgeben von einer intensiv blau gefärbten schmalen Grundsubstanzpartie, den Knorpelkapseln. Sie dringt zwischen die einzelnen Zellen ein und trennt sie voneinander. Nach außen folgt dann ein lichtblau gefärbter, also wesentlich schwächer basophiler Hof, der innere Zellhof und ihm schließt sich weiterhin ein ganz intensiv roter, also stark azidophiler äußerer Zellhof an. Jeder äußere Zellhof umschließt meist mehrere Knorpelzellen und macht mit seinem Inhalt ein Zellterritorium aus. Die einzelnen Territorien werden getrennt durch das ganz schwach blaurot gefärbte Balkenwerk.

Die Fibrillen können innerhalb der Grundsubstanz auch durch Behandlung des Knorpels mit übermangansaurem Kali, 10%iger Kochsalzlösung, Baryt- und Kalkwasser, durch Verdauung in Pankreassaft (Tillmanns, Baber) nachgewiesen werden. Daß man unter normalen Verhältnissen die Fibrillen innerhalb der Grundsubstanz nicht erkennt, rührt daher, daß Fibrillen und interfibrilläre Substanz dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen. Indem die oben erwähnten Reagenzien entweder bei den Fibrillen oder bei der interfibrillären Substanz dieses Lichtbrechungsvermögen ändern, lassen sie die Fibrillen hervortreten. Die Fibrillen der Knorpelgrundsubstanz sind den Bindegewebsfibrillen ganz ähnlich. Ihnen verdankt auch der Knorpel seine wichtigste optische Eigenschaft, seine Anisotropie. Sie verlaufen in den oberflächlichen Knorpelschichten parallel, in der Tiefe meist senkrecht zur Oberfläche, bilden meistens einen mehr oder weniger dichten Filz

und schließen sich um die Knorpelzellen herum zu bogenförmigen Zügen zusammen.

Man kann dem Gesagten zufolge annehmen, daß der Stoffwechsel im Knorpel sehr träge vor sich geht, weil ja die Grundsubstanz bei höheren Tieren nur ausnahmsweise vaskularisiert ist und keine sichtbaren, vorgebildeten Saftbahnen besitzt, in welchen die Ernährungssäfte zirkulieren könnten. Bei niederen Tieren finden sich zwar in der Grundsubstanz ohne weitere Behandlung sichtbare Kanälchen, welche die einzelnen Knorpelhöhlen miteinander verbinden und gleichzeitig eine lebhaftere Zirkulation der Ernährungsflüssigkeit ermöglichen, doch sehen wir bei höheren Tieren, wenigstens im normalen Zustande, keine besonderen Einrichtungen zur Weiterleitung der Ernährungssäfte. Erst mit Hilfe gewisser Präparationsmethoden haben einige Autoren (Spina, Budge, Wolters, Srdinko) Saftbahnen in Form von Kanälchen, welche bündelweise von einer Knorpelhöhle zur anderen verlaufen, nachgewiesen. Da diese Methoden jedoch zum großen Teile sehr eingreifend sind, müssen diese Kanälchen wohl als Kunstprodukte betrachtet werden.

Die Tatsache, daß dem Tierkörper einverleibte Farbstoffe in der Grundsubstanz nachgewiesen werden können, beweist zwar, daß innerhalb der Grundsubstanz eine Saftströmung stattfindet, nicht aber, daß dieselbe durch präformierte Kanäle erfolgt. Die Ernährungssäfte gelangen aller Wahrscheinlichkeit nach durch Imbibition aus den Gefäßen zwischen den kollagenen Fibrillen durch die leicht durchdringliche interfibrilläre Substanz hindurch in das Innere des Knorpels.

Äußerlich wird der Knorpel umhüllt von einer Schicht geformten Bindegewebes, dem Perichondrium. Seine Bindegewebsbündel sind dicht gefügt und vielfach verflochten. Es besitzt Blutgefäße, die zur Ernährung des Knorpels dienen. Das Perichondrium vermag auch neuen Knorpel zu bilden, indem seine Fibroblasten eine einheitliche Substanz um sich abscheiden, die die Bindegewebsbündel durchtränkt und mit diesen gemeinsam die interzelluläre Knorpelgrundsubstanz bildet, während die Fibroblasten selbst zu Knorpelzellen werden.

Den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Knorpelgewebes liefert, wie für die meisten Bindesubstanzen, das Mesenchymgewebe. Über die erste Anlage des Knorpelgewebes herrschen jedoch unter den Forschern ziemlich große Meinungsverschiedenheiten. Die einen behaupten nämlich, daß sich der Knorpel aus sternförmigen Zellen des embryonalen Bindegewebes entwickelt, die sich vergrößern und nach Änderung ihrer Anordnung in Knorpelzellen umbilden (Studnička); die anderen wieder sehen die erste Knorpelanlage in einem zusammenhängenden protoplasmatischen Komplex, in einer symplastischen, synzytialen, in einzelne Zellen nicht differenzierten kernreichen Masse (Straßer, Retterer, Schaffer). Dabei blieb jedoch unaufgeklärt, ob diese kernreiche Masse das Resultat der Verschmelzung zahlreicher spezifischer Mesenchymzellen ist oder die Folge wiederholter Kernteilung ohne nachfolgende Zellkörperteilung.

Innerhalb dieses Synzytiums tritt dann zwischen den Kernen die azidophile und stark lichtbrechende Interzellularsubstanz in Form von feinen Linien auf. Diese sog.

„prochondrale" vorknorpelige) Grundsubstanz ist nach **Studnička** kein Ausscheidungsprodukt der Zellen, sondern peripheres, umgewandeltes, verdichtetes Protoplasma (Exoplasma), das sich vom übrigen Protoplasma (Endoplasma) schärfer differenziert. Die prochondrale Grundsubstanz nimmt an Masse zu und erzeugt Scheidewände zwischen den Zellen in Form eines zusammenhängenden Wabenwerkes. Diese prochondrale Grundsubstanz bildet während der Chondrogenese bloß ein Übergangsstadium, denn bald verändert sie ihre chemischen Eigenschaften und wandelt sich in basophile, „protochondrale" Grundsubstanz um. Inzwischen liefert die Knorpelzelle neue azidophile, prochondrale Grundsubstanz um sich herum, welche die Zelle in Form einer dünnen Kapsel umgibt und dieselbe von der basophilen, protochondralen Grundsubstanz trennt. Die letztere verändert nochmals ihren chemischen Charakter, verliert nämlich ihre Basophilie und geht endlich in die sog. „metachondrale" Grundsubstanz (**Schaffer**), d. h. in die definitive Knorpelgrundsubstanz über. Gleichzeitig wird die neugebildete in Form von Zellkapseln auftretende azidophile Grundsubstanz basophil, d. h. sie geht in protochondrale Substanz über. Zusammen mit der Grundsubstanz bilden sich aber auch kollagene Fibrillen, die in die erstere zu liegen kommen. Die Knorpelzellen vermehren sich durch indirekte Teilung. Es entstehen so innerhalb einer jeden Knorpelhöhle zwei Tochterzellen, welche von einer gemeinsamen Kapsel umschlossen werden. Nun scheidet jede der Tochterzellen Grundsubstanz in ihrer Peripherie aus, wodurch sie sich voneinander entfernen. Erfolgt nun eine zweite Teilung, so haben wir vier Enkelzellen, durch spärliche Knorpelgrundsubstanz voneinander getrennt, in der ursprünglichen Knorpelkapsel liegen. Sie können weiter in einer gemeinsamen Kapsel zusammen liegen bleiben oder durch Resorption der letzteren und Ausscheidung von neuer Grundsubstanz auseinanderrücken, sich voneinander trennen.

Dieses Wachstum des Knorpels bezeichnen wir als **interstitielles Wachstum** im Gegensatz zum **appositionellen Wachstum**, das, wie früher ausgeführt wurde, vom Perichondrium ausgeht. Die erste Art scheint sich hauptsächlich auf junges Knorpelgewebe zu beschränken.

Im Alter unterliegt der Knorpel hauptsächlich drei Veränderungen: der Asbestveränderung, der Verkalkung und der Verknöcherung.

Die Asbestveränderung, welche schon mit freiem Auge erkennbar ist, da die von ihr betroffene Stelle einen asbestartigen Glanz zeigt, beginnt gewöhnlich im Innern des Knorpels damit, daß innerhalb der Grundsubstanz eine parallele Faserung auftritt (Asbestfibrillen). Diese Veränderung beginnt in der Grundsubstanz in einiger Entfernung von den Knorpelkapseln, geht sodann auf die unmittelbare Nachbarschaft dieser letzteren über, welche mit der Zeit auch Veränderungen erleidet und zugrunde geht, und breitet sich langsam über immer größere Partien des Knorpels aus. Die Asbestfibrillen müssen chemisch veränderte kollagene Fasern sein, denn sie verlieren die Quellbarkeit in Essigsäure; in verdünnter Natronlauge und kochendem Wasser lösen sie sich. Die Asbestveränderung führt schließlich zur völligen Erweichung und Höhlenbildung des Knorpels.

Die Verkalkung des Knorpels besteht in einer Ablagerung von Kalksalzen (phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk) in der Knorpelgrundsubstanz; sie beginnt in der unmittelbaren Nähe der Zellen und schreitet langsam in der Grundsubstanz fort. Solche Ablagerungen erscheinen bei auffallendem Lichte weiß, im durchfallenden dagegen schwarz. Sie lösen sich in Salzsäure, wobei Kohlensäurebläschen

entstehen. Der Verkalkung unterliegen vor allem die Kehlkopf-, Tracheal- und Rippenknorpel, sie werden dadurch undurchsichtiger, härter und spröder.

Die Verknöcherung beginnt mit dem Einwachsen von Blutgefäßen in den Knorpel; ihre Details sollen später bei der Knochenentwicklung behandelt werden. Sie verwandelt den Knorpel in den Knochen.

b) Der Faserknorpel.

Wenn die kollagenen Fasern in der Knorpelgrundsubstanz massenhaft auftreten und im mikroskopischen Bild schon ohne Anwendung besonderer Reagenzien oder Färbungen zu erkennen sind, ja dasselbe völlig beherrschen, so sprechen wir von einem Faserknorpel oder Bindegewebsknorpel. Diese Knorpelart findet sich nur an wenigen Stellen des menschlichen Körpers, so in den Fibrocartilagines intervertebrales, in der Symphysis ossium pubis, in den Cartilagines interarticulares und an der Insertionsstelle des Ligamentum teres femoris.

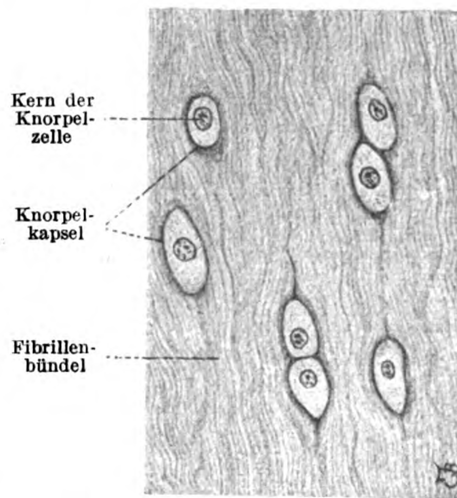


Fig. 57. Faserknorpel aus dem Ligamentum teres femoris des Hundes.

Ca. 570mal vergrößert.

Das mikroskopische Bild (Fig. 57) zeigt uns dichtgedrängte Bündel kollagener Fasern, die in eine schwach entwickelte und schwer zu erkennende einheitliche Substanz eingebettet sind. Am leichtesten erkennt man letztere noch in der unmittelbaren Nähe der Knorpelzellen, die sie kapselartig umhüllt. Die Zellen sind viel spärlicher vorhanden wie im hyalinen Knorpel und zeigen keine besonders bemerkenswerten Eigenschaften.

c) Der elastische Knorpel.

Der elastische Knorpel oder Netzknorpel unterscheidet sich von den beiden vorigen sehr wesentlich dadurch, daß sich in seiner Grundsubstanz neben kollagenen Fasern auch elastische Fasern finden. Auch er zeigt nur eine geringe Verbreitung im menschlichen Körper. Er findet sich in den den Aditus laryngis umrahmenden Kehlkopfknorpeln: Cartilago epiglottica, Cartilagines corniculatae, Cartilagines cuneiformes und Processus vocales der Cartilagines arytenoideae und den Cartilagines sesamoideae; er findet sich außerdem noch in der Ohrmuschel, dem äußeren Gehörgang und der Tuba Eustachii.

Die **Grundsubstanz** des elastischen Knorpels unterscheidet sich dadurch von der des hyalinen Knorpels, daß sie ein in charakteristischer Weise verteiltes, mehr oder weniger dichtes Netz elastischer Fasern enthält (Fig. 58). Die Fasern sind gewöhnlich in den Randpartien am dünnsten und gehen hier in die elastischen Fasern des Perichondriums kontinuierlich über. Nach der Mitte zu kann sich das Netzwerk zu einem Filz verdichten. Übrigens können die Fasern an verschiedenen Stellen bei demselben Tier und an derselben Stelle bei

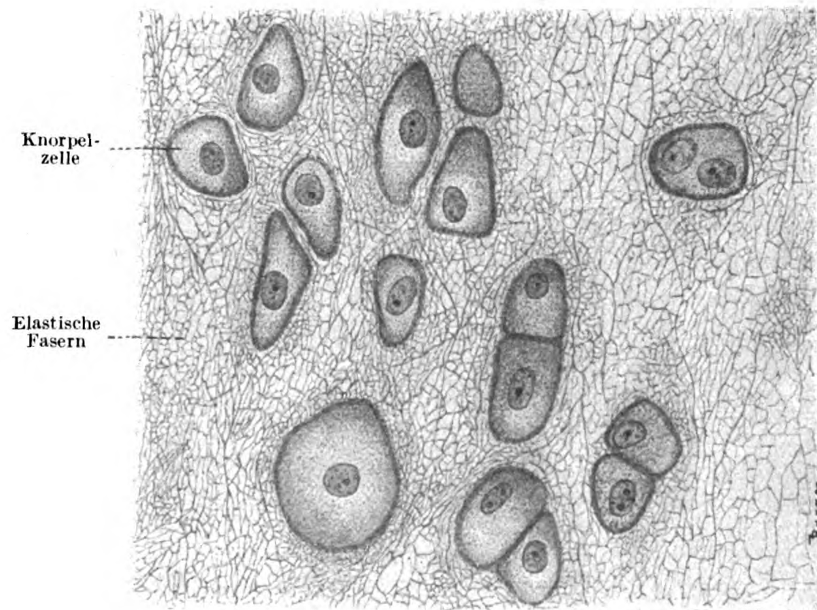


Fig. 58. Elastischer Knorpel aus der Ohrmuschel des Menschen.
Ca. 570mal vergrößert.

verschiedenen Tieren von sehr ungleicher Dicke sein. So finden sich in dem Ohrknorpel des Menschen sehr feine, in dem des Pferdes sehr grobe elastische Fasern.

Die Knorpelzellen zeigen keine Unterschiede gegenüber den Zellen des Hyalinknorpels, auch sie füllen ihre Knorpelhöhlen völlig aus und sind wie diese in der Peripherie platter, in der Mitte des Knorpels rundlicher. Meist liegen sie in Gruppen von zwei und drei zusammen.

Auch der elastische Knorpel kann im Alter verkalken, jedoch seltener als der Hyalinknorpel.

9. Das Knochengewebe.

Das Knochengewebe ist die härteste und festeste aller Bindesubstanzen und neben dem Schmelz der Zähne das härteste Gewebe

des menschlichen Körpers. Diese Eigenschaften machen aber das Knochengewebe auch zu einem der wichtigsten Gewebe des menschlichen Körpers, denn es verleiht dem Körper der höheren Tiere Halt und Festigkeit und bildet gleichzeitig um lebenswichtige Teile desselben feste schützende Hüllen.

Wie alle Bindesubstanzen zeichnet sich auch der Knochen durch eine reichlich entwickelte Interzellular- oder Grundsubstanz aus, der er seine hervorragenden Eigenschaften verdankt. Die Härte der Interzellularsubstanz ist wieder begründet in ihrem hohen Gehalt an mineralischen Bestandteilen. Im wesentlichen sind es Kalziumphosphat (83—88 $^0/_0$ der Asche) und Kalziumkarbonat (10 $^0/_0$), welche die Knochenerde zusammensetzen. Man erhält die letztere, die die Summe der anorganischen Bestandteile darstellt, als weiße, spröde, bröckelige Masse von der ursprünglichen Form des Knochens, wenn man letzteren vorsichtig glüht.

Die Kalksalze sind enthalten in dem organischen Teil der Grundsubstanz, den man für sich erhalten kann, wenn man dem Knochen seine anorganischen Bestandteile entzieht, ihn also entkalkt. Dies wird am leichtesten dadurch erreicht, daß man den mazerierten Knochen mit einer verdünnten Säure, z. B. 5—10 $^0/_0$iger Salpetersäure oder Salzsäure behandelt. Es werden dann die anorganischen Bestandteile gelöst und die organische Grundsubstanz bleibt zurück. Dabei verliert der Knochen nichts an Form und Dimension, nur seine Starrheit und ein Teil seiner Festigkeit geht verloren, er wird biegsam, elastisch und nähert sich in seinem physikalischen Verhalten dem Knorpel; deshalb nennen wir auch den entkalkten Rest des Knochens Knochenknorpel oder Ossein.

Die Interzellularsubstanz des Knochens liefert ebenso wie die des Knorpels beim Kochen Leim; dieser ist ebenso wie das Chondrin ein verunreinigtes Glutin und seine Bildung ist hier wie dort bedingt durch die Anwesenheit kollagener Fasern in der Grundsubstanz. Außer dem Kollagen enthält die letztere, ganz ähnlich wie die Knorpelgrundsubstanz ein Mukoid und ein Albumoid, das Osseomukoid und das Osseoalbumoid.

Die Knochengrundsubstanz besitzt ungefähr 30—50 $^0/_0$ organische Bestandteile und 14—44 $^0/_0$ Wasser je nach der Art des Knochens und dem Alter des Tieres; mit dem Alter nehmen nämlich die mineralischen Bestandteile zu auf Kosten der beiden vorigen. Unter pathologischen Verhältnissen (Rachitis und Osteomalazie) kann sich in der Knochengrundsubstanz ein abnorm geringer Gehalt an Mineralbestandteilen finden und Weichheit, Verbiegungen und Verkrümmungen des Knochens bedingen.

Nach dem Gefüge können wir kompakte, dicht gefügte und spongiöse, schwammig gefügte Knochen unterscheiden. Beide finden sich fast immer in den einzelnen Knochen miteinander vergesellschaftet; in welcher Weise das im einzelnen Fall geschieht, lehrt die deskriptive

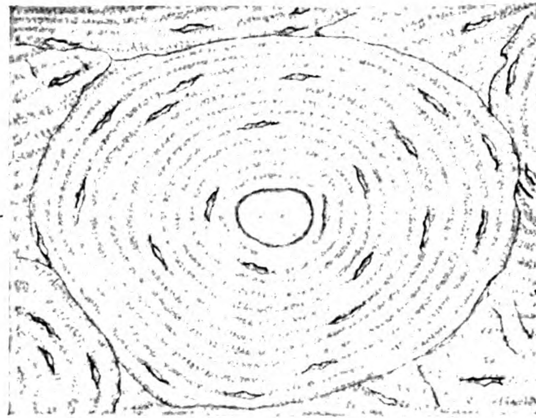
Anatomie. So besteht die Diaphyse der langen Knochen und die Rinde der kurzen und platten Knochen aus kompakter Knochensubstanz, die Epiphysen der langen Knochen dagegen und die Mittelpartien der kurzen und platten Knochen aus spongiöser Substanz.

Das anschaulichste Bild des Knochenbaues liefern uns dünne, durch gut mazerierte Knochen geführte Sägeschnitte, welche beiderseits bis zu Papierdünne abgeschliffen werden. Betrachten wir solch einen Dünnschliff durch kompakten Knochen, der parallel zur langen Achse des Knochens angelegt ist, bei schwacher Vergrößerung (Fig. 59), so fallen uns zunächst ziemlich breite, mehr oder weniger parallel zur Längsachse des Knochens verlaufende Kanäle auf. Durch quere Verbindungskanäle stehen sie miteinander in Kommunikation und bilden so ein den ganzen Knochen durchsetzendes Kanalsystem. Es sind das die Haversschen Kanäle. Im lebenden Knochen verlaufen in ihnen die Blutgefäße, hier im mazerierten Knochen sind sie leer, denn durch die Mazeration werden ja alle Weichteile des Knochens entfernt.

Außerdem aber treten im mikroskopischen Bild zahllose kleine Höhlen hervor, von länglicher Gestalt und mit feinen Ausläufern versehen; auch diese Knochenhöhlen sind im mazerierten Knochen aus dem eben angeführten Grunde leer, intra vitam liegt in jeder Knochenhöhle eine sie völlig ausfüllende Zelle, die Knochenzelle. Im mikroskopischen Präparat erscheinen die Knochenhöhlen bei geeigneter Präparation im durchfallenden, vom Spiegel reflektierten Licht schwarz. Die Lichtstrahlen erleiden nämlich bei Durchtritt durch die mit Luft gefüllte Knochenhöhle eine Totalreflexion wegen des allzu großen Lichtbrechungsunterschiedes der Luft und der Knochensubstanz. Die Knochenhöhlen lassen eine unverkennbare Regelmäßigkeit der Anordnung erkennen. Sie liegen nämlich in Reihen neben- und hintereinander, welche parallel mit den Haversschen Kanälen laufen.

Betrachten wir nun einen quer zur Längsachse des Knochens angelegten Schliff (Fig. 60), so finden wir die Haversschen Kanäle als kreisrunde oder etwas längliche Querschnitte wieder. Da die queren Verbindungskanäle fast immer, wie Fig. 59 zeigt, im spitzen Winkel zu jenen Kanälen abgehen, so erscheinen sie an einzelnen wenigen Stellen unseres jetzigen Schliffes als Verlängerung und Ausziehung des Kanalquerschnittes. Die Knochenhöhlen sind auch hier wieder gesetzmäßig angeordnet, und zwar ordnen sie sich in konzentrischen Kreisen resp. Ovalen um die Haversschen Kanäle herum. Es entsteht so um jeden Kanal herum ein abgegrenztes System konzentrischer Kreise, die, wie man bei etwas stärkerer Vergrößerung erkennt, einer konzentrischen Schichtung der Grundsubstanz ihr Dasein verdanken. Die letztere baut sich nämlich aus konzentrisch um die

Kanäle angeordneten Lamellen auf und in diesen Lamellen der Grundsubstanz liegen die Knochenhöhlen. Doch nicht überall ist in unserem Schliff die Anordnung der Lamellen und mit ihr die der Knochenhöhlen konzentrisch um die Haversschen Kanäle; sowohl oben und unten im Bild (Fig. 60), d. i. an der äußeren und inneren Oberfläche des Knochens, als auch an vielen Stellen im Inneren finden wir abweichende Verhältnisse. Wir können somit in der kompakten Knochensubstanz vier verschiedene Arten der Lamellenanordnung unterscheiden.



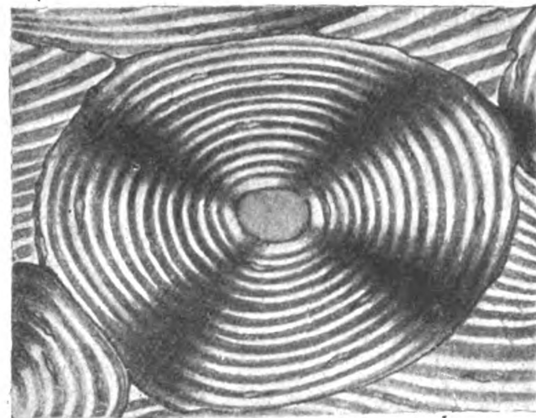


Fig. 61 und 62. Stück eines Querschliffes durch die Diaphyse einer menschlichen Ulna im polarisierten Licht untersucht.

Ca. 170mal vergrößert. Man sieht ein ganzes Haverssches Lamellensystem samt angrenzenden interstitiellen und Haversschen Lamellen. In der Mitte liegt ein Haversscher Kanal. Ringsum sieht man Lamellen, welche Knochenhöhlen enthalten. Zwischen den angrenzenden Systemen sind Kittlinien zu sehen; in Fig. 61 rechts unten die dunklen, schräg verlaufenden Linien = Sharpeysche Fasern.

Fig. 61 bei nicht gekreuzten, Fig. 62 bei gekreuzten Nicolschen Prismen.

Das dunkle Kreuz in Fig. 62 ist eine die Polarisation begleitende Erscheinung.

1. Die Speziallamellen oder Haversschen Lamellen sind konzentrisch um die Haversschen Kanäle angeordnet und bilden um jeden derselben ein abgeschlossenes Lamellensystem, ein Haverssches Lamellensystem. Ein jedes solches System besteht aus einer Anzahl von röhrenförmigen ineinandergesteckten Lamellen, und zwar sind es meistens 8—15 einzelne Lamellen, welche ein System zusammensetzen und an die Jahresringe im Baume erinnern. Diese Anordnung ist von mechanischen Gesichtspunkten aus außerordentlich interessant, denn auf ihr beruht wesentlich die große Druckfestigkeit des Knochens.

2. Die Schaltlamellen, intermediären oder interstitiellen Lamellen füllen, wie ihr Name sagt, die zwischen den vorigen übrig bleibenden Zwischenräume aus. Ihrer Herkunft nach kann man sie

in echte und unechte trennen. Die ersteren stammen vom Periost ab und verlaufen deshalb parallel zu demselben, die letzteren sind die Überbleibsel rückgebildeter Speziallamellen.

3. Die äußeren Grund-(General-)lamellen verlaufen parallel zu der äußeren Oberfläche des Knochens und liegen dicht unter dem den Knochen bedeckenden Periost.

4. Die inneren Grund-(General-)lamellen bilden in ähnlicher Anordnung die innere Begrenzung des Knochens gegen die Markhöhle zu.

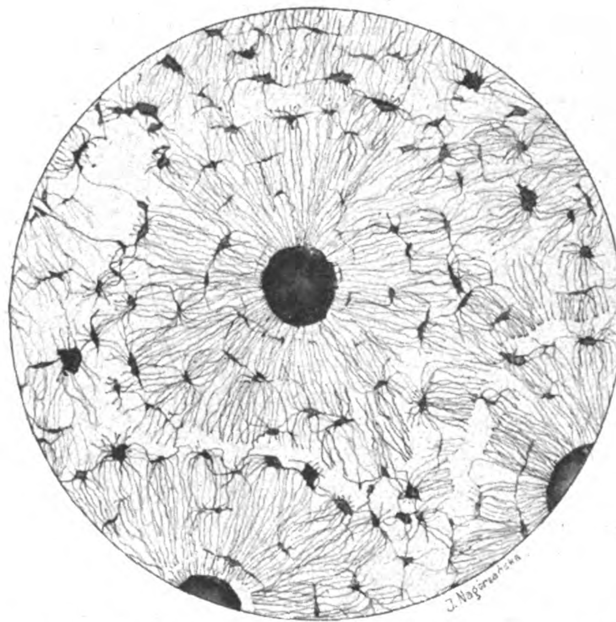


Fig. 63. Ein Haverssches Lamellensystem im Querschliff. Aus der Diaphyse eines menschlichen Humerus. Man sieht stellenweise, besonders an der unteren Grenze, eine Kittlinie. Nur vereinzelte Kanälchen durchbohren diese Kittlinie und verbinden die Knochenhöhlen benachbarter Systeme. Kanäle, Knochenhöhlen und Knochenkanälchen sind mit Farbstoff ausgefüllt.

Mittelstarke Vergrößerung.

Die äußeren und inneren Grundlamellen werden stellenweise von Blutgefäßen durchbohrt, welche vom Periost oder von der Markhöhle her in den Knochen eindringen. Um diese sog. Volkmannschen Kanäle liegen aber keine besonderen Speziallamellensysteme herum, wie um die Haversschen Kanäle. Die Grundlamellen werden von diesen Gefäßkanälen senkrecht oder schräg durchbohrt.

Benachbarte Lamellensysteme sind miteinander durch eine besondere Kittsubstanz verkittet. Da, wo diese in größerer Menge entwickelt ist, zeigt sie sich in Form der die Lamellensysteme umrahmenden Kittlinien (v. Ebner) (Fig. 61).

Die diese Systeme zusammensetzenden Lamellen bestehen aus kollagenen Fibrillen und einer die letzteren verbindenden Kittsubstanz. Die Fibrillen sind mittelst einer interfibrillären Kittsubstanz zu Bündeln vereinigt, die einzelnen Bündel werden innerhalb der Lamellen wiederum durch eine interfaszikuläre Kittsubstanz zusammengehalten. In dieser Kittsubstanz finden sich ausschließlich die Kalksalze angesammelt, während die Fibrillen selbst kalkfrei sind (v. Ebner).

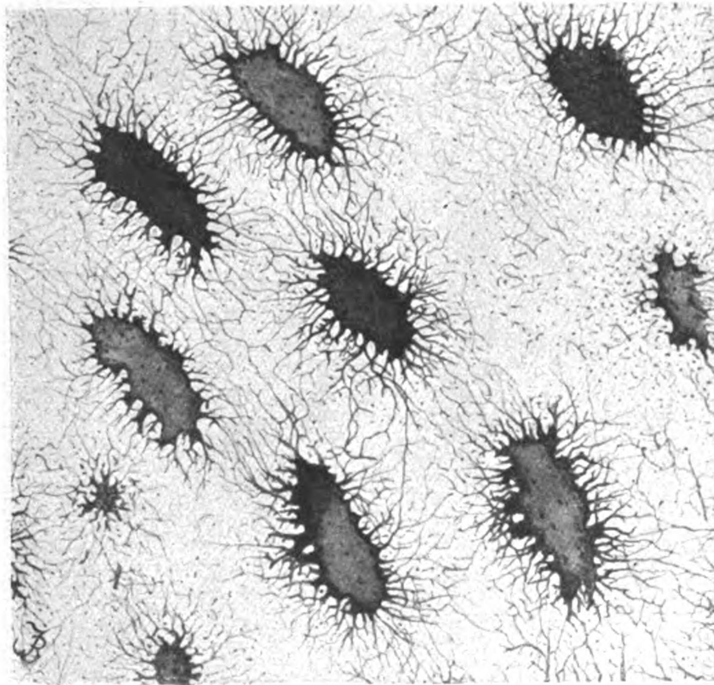


Fig. 64. Aus einem Schliff durch einen Knochen des Rehbocks.

Die Knochenhöhlen sind von der Fläche aus gesehen und sind, sowie die Knochenkanälchen mit Farbstoff gefüllt. Stellenweise sind kleine Punkte sichtbar, welche Querschnitte der Knochenkanälchen darstellen. Ca. 850mal vergrößert.

Die Fibrillenbündel laufen innerhalb einer jeden Lamelle parallel, sie sind gleichgerichtet, ihre Richtung wechselt aber in verschiedenen Lamellen. So kann die Verlaufsrichtung der Bündel einer gewissen Lamelle senkrecht zu der der Nachbarlamelle stehen. Ein solches Beispiel zeigt uns Fig. 61. Hier sehen wir ein Speziallamellensystem, das sich gegen seine Nachbarn durch eine deutliche Kittlinie absetzt. Die Lamellen bilden konzentrische Kreise, und zwar erscheint abwechselnd die eine Lamelle fein gestreift, die nächste dagegen fein punktiert. Die Streifen sind der optische Ausdruck längsgetroffener Fibrillen, während die Punkte die Fibrillenquerschnitte darstellen. Es verlaufen also in der einen Lamelle die Fibrillen längs, parallel

zur Achse des Haversschen Kanals, in der nebenliegenden dagegen zirkulär, das Kanallumen umkreisend.

Betrachten wir dasselbe Präparat im polarisierten Licht, bei gekreuzten Nicols, so erhalten wir das in Fig. 62 dargestellte interessante Bild. Das ganze Lamellensystem zeigt sich zusammengesetzt aus abwechselnd gelagerten hellen und dunklen Lamellen und ist durchsetzt von den vier Balken eines Kreuzes, dessen Mittelpunkt der Haverssche Kanal bildet. Auf die Entstehung dieses Kreuzes,

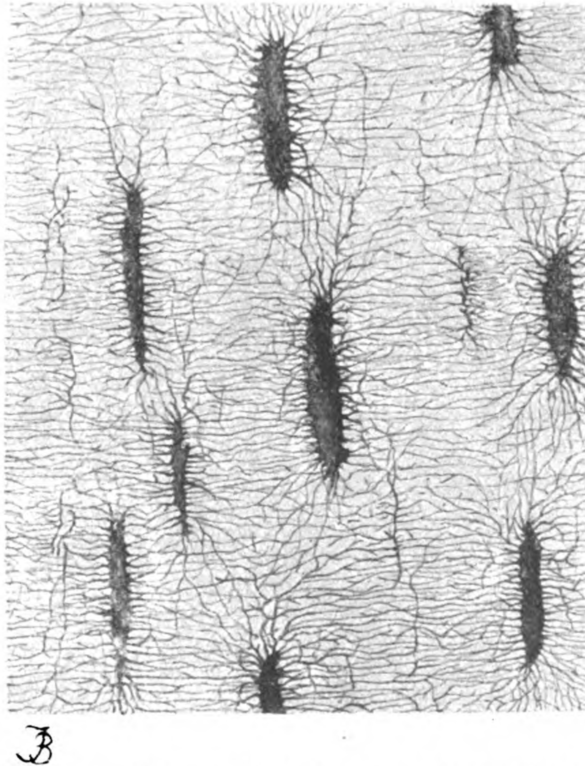


Fig. 65. Aus einem Längsschliff durch einen Knochen des Rehbocks.

Die Knochenhöhlen sind von der Kante aus gesehen und sind, wie die Knochenkanälchen, mit Farbstoff ausgefüllt. Ca. 850 mal vergrößert.

eine die Polarisation begleitende Erscheinung, ist hier nicht weiter einzugehen. Das abwechselnde Hell und Dunkel der Lamellen erklärt sich aus bekannten optischen Eigenschaften der kollagenen Fibrillen. Sie sind positiv einachsig, die optische Achse liegt in der Längsrichtung der Fibrillen, deshalb erscheinen sie bei gekreuzten Nicols im Querschnitt dunkel, im Längsschnitt hell. Die lamelläre Struktur tritt dann nicht so deutlich zutage, wenn sich die Fibrillenbündel der Nachbarlamellen unter einem spitzen Winkel überkreuzen oder wenn ihre Verlaufsrichtung jener der Nachbarlamellen gleicht.

Die kollagenen Fibrillen sind im erwachsenen Knochen fast überall gleich dünn, nur in der Umgebung von Knochennähten, sowie an den Ansatzstellen von Sehnen finden sich gröbere Fibrillen. Eine solche grobfaserige Grundsubstanz charakterisiert auch den embryonalen Knochen.

Noch einer anderen Art von Fibrillen wäre schließlich zu gedenken, die man als die Sharpeyschen Fasern bezeichnet (Fig. 61). Man versteht darunter Bündel von kollagenen, ganz unverkalkt

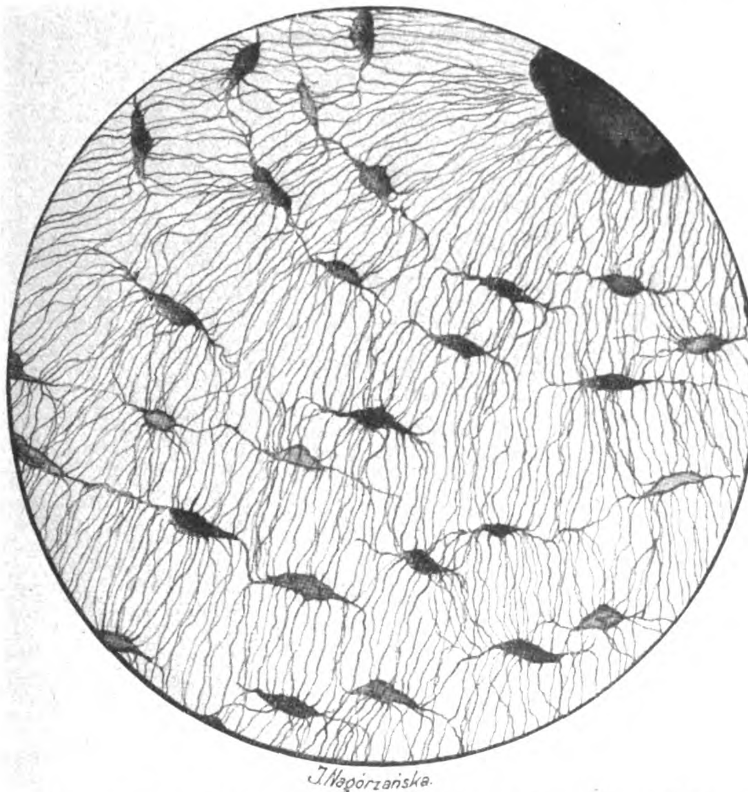


Fig. 63. Aus einem Querschliff durch die Diaphyse eines menschlichen Humerus. Oben sieht man einen Teil eines quergetroffenen Haversschen Kanales. Die Knochenhöhlen sind quergeschnitten und samt den Knochenkanälchen mit Farbstoff gefüllt. Stark vergrößert.

bleibenden oder partiell verkalkten Fibrillen, welche, vom Periost ausgehend, die äußeren Grundlamellen und die echten interstitiellen Lamellen, also die Abkömmlinge des Periostes, durchbohren. Niemals kommen sie in den Speziallamellen und inneren Grundlamellen vor. In den Grundlamellen verlaufen sie meist senkrecht oder wenig schräg zur Längsachse, in den interstitiellen Lamellen dagegen kommen auch longitudinal verlaufende Fasern vor. In größter Menge aber treffen wir sie im embryonalen Knochen. Sie können bis zu 30 μ dick werden und erscheinen an Schliffen von einem seiner Weichteile

beraubten Knochen entweder als lufthaltige Röhrchen, nämlich, wenn sie ganz unverkalkt waren, oder bei partiell verkalkten Fasern als Kalkröhren mit zentraler Öffnung. Diese Sharpeyschen Fasern können begleitet sein von elastischen Fasern, die mit ihnen aus dem Periost austreten, aber auch für sich allein die äußeren Grundlamellen durchsetzen.

Die Knochenhöhlen liegen innerhalb der Grundsubstanz der Lamellen oder an der Grenze benachbarter Lamellen und stellen Hohlräume dar (13—31 μ lang, 6—15 μ breit, 4—9 μ dick), die in ihrer Gestalt an Kürbiskerne erinnern und deren längster Durchmesser in der Längsachse der Fibrillen, deren kürzester Durchmesser in den Speziallamellen radiär, in den übrigen Lamellen senkrecht zur Lamellenfläche und deren mittlerer Durchmesser (die Breite) der Lamellenfläche parallel liegt. Von den Knochenhöhlen gehen allseitig außerordentlich zahlreiche, feine, sich verästelnde und verzweigende Röhrchen aus, mittelst deren nicht nur benachbarte Höhlen in Verbindung stehen, sondern auch entferntere Höhlen kommunizieren können (Fig. 63—66). Wir bezeichnen sie als Knochenkanälchen oder Primitivröhrchen. Diejenigen Knochenhöhlen, welche in den äußeren oder inneren Grundlamellen der äußeren oder inneren Knochenoberfläche dicht anliegen, lassen einen Teil ihrer Ausläufer sich nach außen unter dem Periost resp. nach innen in den Markraum öffnen. Die Knochenhöhlen der innersten Haversschen Lamellen öffnen sich in den Haversschen Kanal selbst. So entsteht ein die gesamte Knochensubstanz durchsetzendes, äußere und innere Oberfläche miteinander verbindendes Hohlraumsystem, das für die Ernährung des Knochens von höchster Bedeutung ist.

Jene Grundsubstanzpartie, die die Knochenhöhlen und -kanälchen unmittelbar umgibt, zeigt eine größere Widerstandsfähigkeit Reagenzien gegenüber als der Rest der Grundsubstanz. Man kann sich davon überzeugen, wenn man dünne Knochenschliffe mit konzentrierter Salpeter- oder Salzsäure behandelt. Es wird nämlich dabei der größte Teil der Grundsubstanz aufgelöst und bloß eine dünne Schicht rings um die Knochenhöhlen und deren Ausläufer herum, die Form derselben genau wiedergebend, widersteht der Reagenzwirkung. Auf diese Weise erlangt man künstlich isolierte Kapseln aus den verdichteten und resistenteren Partien der Grundsubstanz.

Die Knochenhöhlen samt Knochenkanälchen sind im mazerierten Knochen mit Luft gefüllt, im frischen Knochen liegen in ihnen die Knochenzellen. Da diese ihren Raum vollkommen ausfüllen, so stellen sie nach dem bisher Ausgeführten kürbiskernähnliche Zellen dar, von deren Körper zahlreiche protoplasmatische Fortsätze ausgehen, welche die Knochenkanälchen durchsetzen. In unseren zwecks Entkalkung meist mit Säuren behandelten Schnittpräparaten des

Knochens erscheinen die Ausläufer gewöhnlich abgerissen und die Zellen zu kleinen Klümpchen zusammengeschrumpft. Daß die Zellen bei den höheren Wirbeltieren mittelst ihrer Ausläufer miteinander anastomosieren, ist unwahrscheinlich. Bei niederen Tieren sind solche Verbindungen sicher nachgewiesen.

Die spongiöse Knochensubstanz entspricht in ihrem feineren Bau ganz der kompakten, sie besteht aus einer Grundsubstanz mit Knochenhöhlen und Knochenzellen, nur besitzt sie keine Haversschen Kanäle. Die gröberen Bälkchen zeigen eine lamelläre Schichtung, und zwar liegen die Lamellen parallel zur breiten Fläche der Bälkchen. Bei den dünnsten Knochenbälkchen fehlt auch die Lamellenschichtung, wir können dieselben dann als isolierte Lamellen auffassen.

Über den Bau des Periosts, des Knochenmarks, über die Vaskularisation und Entwicklung des Knochens findet man das Nähere in dem Kapitel „Skelettsystem".

Das Dentin bildet eine Abart des Knochengewebes und stellt den Hauptbestandteil der Zähne dar, bei deren Schilderung es, um Wiederholungen zu vermeiden, im Zusammenhang abgehandelt werden soll.

III. Das Muskelgewebe.

Wenn auch die Fähigkeit, auf äußere Reize durch Kontraktionen zu reagieren, jedem Protoplasma eigen ist, so ist in dem Muskelgewebe diese Eigenschaft doch in ganz besonderem Maße und nur in einer einzigen Richtung entwickelt, so daß wir es auch als das kontraktile Gewebe par excellence bezeichnen können. Die Muskelzelle, das das Muskelgewebe konstituierende Element, antwortet auf einen Reiz immer mit einer Verkürzung, sie kontrahiert sich immer in einer bestimmten Richtung und diese Eigenschaft ist begründet in der spezifischen Längsanordnung ihrer Kontraktionseinheiten. Diese letzteren finden sich in Form langer Fäden, der kontraktilen Fibrillen, innerhalb der Muskelzellen. Sie entstehen, wie später des näheren ausgeführt werden soll, aus den in den Muskelbildungszellen, den Myoblasten, enthaltenen Mitochondrien und sind in eine mehr oder weniger beträchtliche Menge undifferenziertes Protoplasma, das Sarkoplasma, eingebettet. Sie sind entweder in ihrer ganzen Länge anisotrop oder es wechseln anisotrope und isotrope Partien miteinander ab. Diese letztere Eigenschaft verleiht der kontraktilen Fibrille eine regelmäßige Querstreifung, die natürlich der total anisotropen Fibrille nicht zukommt, und ist ein Ausdruck der höheren Differenzierung, welche mit der Fähigkeit einer ausgiebigeren und rascheren Kontraktilität im Zusammenhange steht. Demgemäß können wir die Muskeln in glatte und quergestreifte einteilen.

1. Das glatte Muskelgewebe.

Die glatte Muskulatur stellt ein im Körper weit verbreitetes, aber nur selten in größeren kompakten Massen, sondern meist in Form von Häuten auftretendes Gewebe von gelblichweißer Farbe dar, welches sich aus lauter einzelnen Zellen aufbaut, die wir als glatte Muskelzellen oder kontraktile Faserzellen bezeichnen.

Die glatte Muskelzelle hat meist die Form langer spindelförmiger Zylinder oder Prismen von rundem oder unregelmäßig

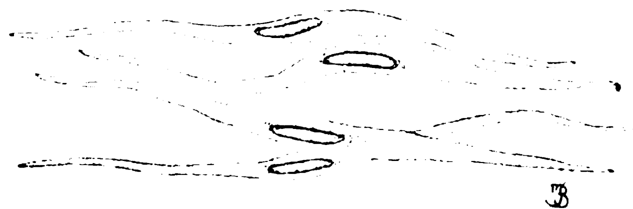


Fig. 67. Vier glatte Muskelzellen aus dem Magen eines Frosches.
Durch 33% Kalilauge isoliert. In der Mitte jeder Zelle liegt ein ovaler Kern; an beiden Enden der Kerne ist die Ansammlung des körnigen Protoplasmas zu sehen. Ca. 400mal vergrößert.

eckigem Querschnitt (Fig. 67). In der Mitte ist die Zelle am dicksten, nach beiden Enden zu ist sie spitz ausgezogen oder abgeschrägt. Die Länge kann beim Menschen zwischen 15 μ in den Gefäßen und 200 μ im Darm schwanken, im schwangeren Uterus kann sie sogar 600 μ betragen. Noch wesentlich längere Zellen finden sich bei Amphibien, bei denen sie selbst über 1 mm lang werden können. Die Dicke



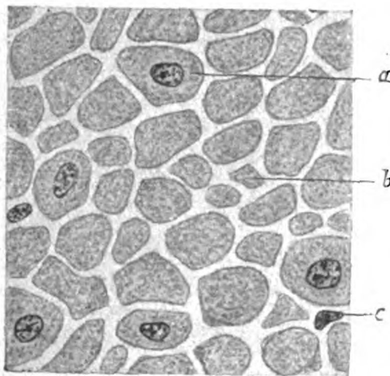
Fig. 68. Stück eines Längsschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes. Ca. 530mal vergrößert.

schwankt zwischen 4 und 7 μ. Manchmal, insbesondere bei niederen Tieren, sind die Zellen an ihren Enden gespalten.

In jeder Zelle findet sich ein in der Zellmitte gelegener längsovaler oder stäbchenförmiger Kern mit sehr schönem Chromatinnetz und mehreren meist recht großen Nukleolen. Dicht neben dem Kern, meist in einer Einbuchtung seiner Längsseite gebettet, liegt ein aus zwei Zentralkörpern bestehendes Mikrozentrum (v. Lenhossék, Zimmermann). Die Form des Kernes ist in hohem Grade abhängig von dem Kontraktionszustand der Zelle, in der ruhenden Zelle erscheinen die Kerne länger und ihre Konturen glatt, in der kontrahierten

dagegen sind sie kürzer, oft spiralig gekrümmt und ihre Konturen eingeknickt und gefältelt.

Der Zellkörper enthält mehr oder weniger deutlich sichtbare, parallel zur Längsachse verlaufende kontraktile Fibrillen. Es sind das dünne, und zwar in ihrer ganzen Länge gleich dünne Fäden mit einem Durchmesser zwischen 0,3 und 1,0 μ. Sie liegen außerordentlich dicht und lassen feinere Strukturdetails nicht erkennen. Von verschiedener Seite (Heidenhain, Benda) sind außerdem noch besondere Grenzfibrillen beschrieben worden, die sich angeblich nur in den oberflächlichen Partien der Zellen vorfinden und sich durch besondere Dicke auszeichnen.



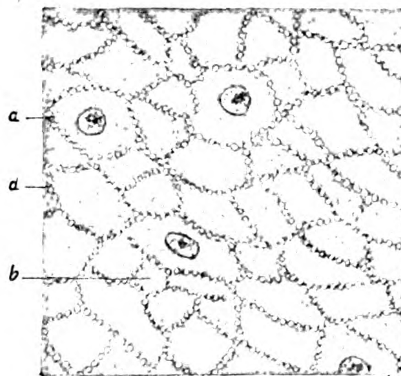


Fig. 69. Fig. 70.

Fig. 69. Stück eines Querschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes. Die Interzellularbrücken sind hier nicht zu sehen. Ca. 800mal vergrößert.

Fig. 70. Stück eines Querschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes. Die Interzellularbrücken sind hier bei d zu sehen. Ca. 800mal vergrößert. a) Querdurchschnittene Zelle in der Gegend des Kernes. b) Querdurchschnittene Zelle in der Nähe des Endes. c) Kern der Bindegewebszelle. d) Interzellularbrücken.

Diese kontraktilen Fibrillen werden getrennt durch eine geringe Menge unveränderten Protoplasmas, das wir als Sarkoplasma bezeichnen. Reichlicher ist es angesammelt in der Zellachse in Form von zwei längeren oder kürzeren schmalen Zipfeln, die von den beiden Polen des Kernes ausgehen. Außerdem findet sich in der alleräußersten Peripherie der Zelle eine homogen erscheinende ganz dünne Sarkoplasmaschicht, welche die Zelle membranartig nach außen abschließt und als Sarkolemma bezeichnet werden kann.

Charakteristisch ist der Querschnitt glatter, in größeren Komplexen nebeneinander gelagerter Muskelzellen (Fig. 69). Sie stellen dann rundliche oder infolge gegenseitiger Abplattung polygonale Felder dar. Diese Felder sind von verschiedener Größe; die einen sind klein, da die spindelförmige Zelle an ihrem Ende getroffen wurde, andere sind größer, wenn der Schnitt die Zelle in ihrer dickeren Mittelpartie

traf. Ein Teil der größten Querschnitte enthält den vom Schnitt getroffenen Kern.

Die Art der Verbindung der glatten Muskelzellen untereinander ist bis auf die Gegenwart noch nicht aufgeklärt. Während früher eine besondere Kittsubstanz, die die Zellen zusammenhalten sollte, angenommen wurde, nahmen andere als Grundlage des festen Zusammenhanges der Zellen eine direkte protoplasmatische Verbindung zwischen den Zellen an, entweder in Form von sog. Zellbrücken (Kultschitzky, Barfurth, Klecki, de Bruyne, Bohemann, Triepel) oder in Form einer direkten Kontinuität der Fibrillen über mehrere Zellen (Rouget, Benda, Schaper). Was die Zellbrücken anlangt, so sieht man zwar recht häufig in den mit verschiedensten

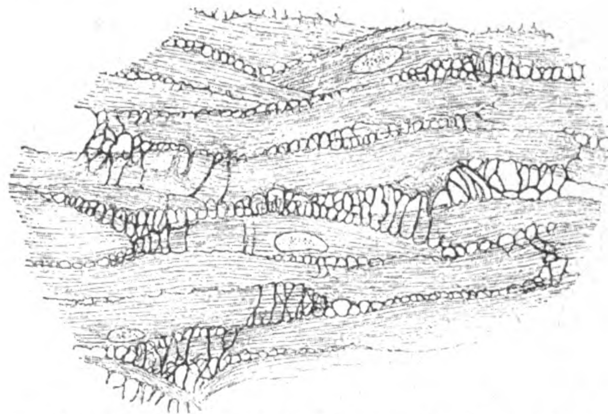


Fig. 71. Längsschnitt der Muskularis des Darmes der Katze mit den interstitiellen bindegewebigen Querfädchen.

Nach Bohemann aus Heidenhain.

Reagenzien behandelten Präparaten die Zellen mit Dornen und Stacheln besetzt (Fig. 68 und 70), in anderen ganz ungeschrumpften Präparaten dagegen sind die Zellkonturen ganz glatt (Fig. 69). Demzufolge müssen wir uns denjenigen Autoren anschließen, die die Zellbrücken für Kunstprodukte erklären (Drasch, Garnier, Schaffer, v. Lenhossék, Henneberg).

Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, daß eine wichtige Rolle in der gegenseitigen Verbindung der glatten Muskelzellen dem Bindegewebe zugeschrieben werden muß. Es erscheint hier zwischen den Zellen in Form von feinsten Lamellen, von denen die einen längs verlaufen und die Zellen hülsenartig einscheiden, während andere die ersteren quer miteinander verbinden. Äußerst feine Fäserchen begleiten diese membranösen Scheiden zwischen den einzelnen Zellen und umgeben diese mit einem zarten Netz (Bohemann, M. Heidenhain, Holmgren) (Fig. 71).

Fibrilläres Bindegewebe vereinigt die glatten Muskelzellen untereinander zu größeren Komplexen, indem es zwischen die letzteren in Form von stärkeren Scheidewänden eintritt und Blutgefäße und Nerven mit sich führt.

Die Kontraktion der glatten Muskelzellen erfolgt sehr langsam, sie ist bis auf ganz wenige Fälle dem Willen nicht unterworfen.

Das glatte Muskelgewebe findet sich in weiter Verbreitung in der Wand der Arterien, Venen und Lymphgefäße, in der Wand des gesamten Magen-Darmrohrs vom unteren Teil des Ösophagus bis zum unteren Teil des Mastdarms, in der Trachea und den Bronchien, in den Ausfuhrwegen der Harn- und Geschlechtsorgane, in manchen Drüsen, in der Haut und im Auge.

2. Das quergestreifte Muskelgewebe.

Während die kontraktile Fibrille bei dem glatten Muskelgewebe in ihrer ganzen Länge dieselbe Anisotropie zeigt, setzt sie sich bei dem quergestreiften Muskelgewebe aus anisotropen und isotropen Abschnitten in regelmäßiger Folge zusammen. Dadurch, daß die Fibrillen innerhalb der Faser eng und dergestalt aneinander gelagert sind, daß immer Abschnitte von gleicher Lichtbrechung auch nebeneinander zu liegen kommen, laufen über die quergestreifte Muskelfaser helle und dunkle Bänder in regelmäßiger Folge und erzeugen so das charakteristische Bild der Querstreifung.

Zu den quergestreiften Muskeln gehören die Herzmuskeln und die Skelettmuskeln. Da beide in ihrem Bau gewisse charakteristische Differenzen aufweisen, wollen wir diese beiden Unterarten der quergestreiften Muskulatur einzeln für sich betrachten.

a) Das quergestreifte Muskelgewebe des Herzens.

Der Herzmuskel der niederen Wirbeltiere bildet gleichsam eine Übergangsform zwischen dem glatten und dem quergestreiften Muskel, da er nämlich in sich gewisse Eigenschaften der ersten und der zweiten Muskelart vereinigt. So haben z. B. die Zellen des Herzmuskels bei Amphibien, ebenso wie die glatten Muskeln, eine spindelförmige Gestalt, mit beiderseits gegabelten Enden und besitzen wie diese nur einen Kern sowie ein kaum angedeutetes Sarkolemma; gleichzeitig zeigen sie aber eine für die quergestreiften Muskeln charakteristische deutliche Querstreifung (Fig. 72).

Viel komplizierter und strittig ist der Bau des Herzmuskels des Menschen und der Säugetiere.

Früher wurde allgemein angenommen, daß die Herzmuskulatur aus Zellen zusammengesetzt sei, und zwar aus zylindrischen, an ihren beiden Enden mit den Nachbarzellen in Verbindung tretenden Zellen.

Die aneinanderstoßenden Verbindungsflächen sind dieser Anschauung zufolge mittelst einer Kittsubstanz vereinigt, welche sich mit Silbernitratlösung schwarz färbt und sich in starken Laugen leicht auflösen läßt, wodurch ein Zerfall des Muskels in die einzelnen Zellen



Fig. 72. Zwei Herzmuskelzellen vom Frosch, in Kalilauge isoliert.

In der oberen Zelle ist ein, in der unteren sind zwei Kerne zu sehen, an den Enden der Kerne ist das körnige Sarkoplasma angesammelt. Ca. 700mal vergrößert.

bewirkt wird. Die Seitenflächen dagegen zeigen keine derartige Verbindung mittelst Kittsubstanz. Die Zellen geben unter spitzem Winkel kurze Seitenäste ab, die sich mit entsprechenden Ausläufern benachbarter Zellen verbinden und auf diese Weise eine Art Muskelnetz

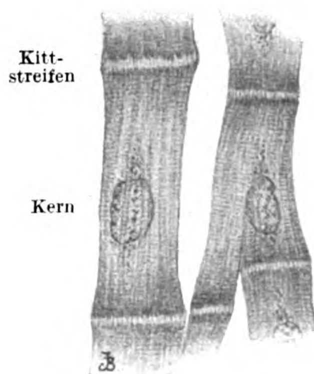


Fig. 73. Aus einem Längsschnitte durch den menschlichen Herzmuskel.

Es sind zwei „Zellen" zu sehen, die linke besitzt eine Abzweigung. Ca. 500mal vergrößert.

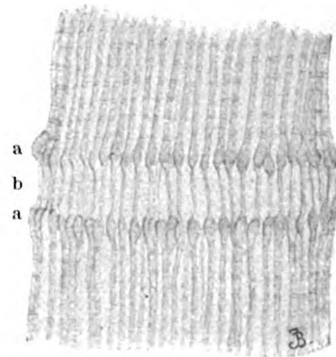


Fig. 74. Die Verbindung zweier „Herzmuskelzellen" von einem ödematösen menschlichen Herzmuskel.

Bei b sind fadenförmige Ausläufer zu sehen, welche die Primitivfibrillen zweier Nachbarzellen (a, a) verbinden. Sehr starke Vergrößerung. (Nach Przewoski.)

bilden (Weismann, Kölliker, Eberth, Schweigger-Seidel, Zimmermann und seine Schule) (Fig. 73).

In den letzten Jahren beginnt eine der eben angeführten, direkt entgegengesetzte Ansicht immer zahlreichere Anhänger zu gewinnen, die nämlich, daß der Herzmuskel keine Zusammensetzung aus Zellen zeigt, sondern ein netzartiges Synzytium darstellt (Wagener, v. Ebner, M. Heidenhain, Marceau, Renaut). Es hat sich nämlich gezeigt,

daß die zylindrischen Segmente, die man bei Behandlung der Herzmuskulatur mit starker Kalilauge erhält, keineswegs einzelnen Zellen, sog. Herzmuskelzellen, entsprechen, und daß die als Kittlinien betrachteten, einzelne Zellen miteinander vereinigenden Gebilde, welche man gegenwärtig „Schaltstücke" nennt, eine ganz andere Bedeutung haben. Browicz hat nachgewiesen, daß die Kittlinien eine Stäbchenstruktur besitzen, Przewoski, daß sie aus Fasern bestehen, welche die Fibrillen der Nachbarzellen miteinander verbinden, ähnlich wie die Interzellularbrücken der Epidermiszellen (Fig. 74). Bald überzeugte man sich auch,

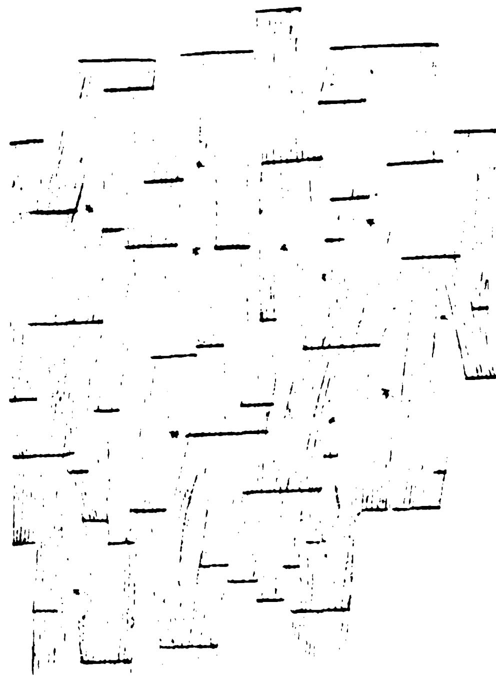


Fig. 76.

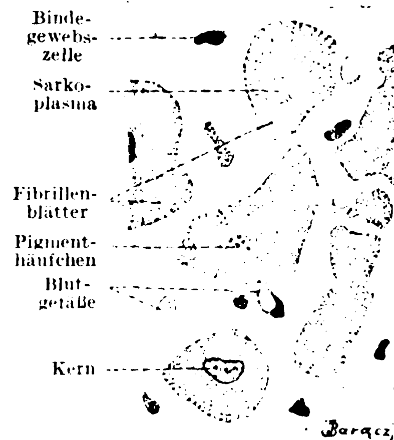


Fig. 77.

Fig. 76. Schema der Verzweigung der Herzmuskelfasern des Menschen. Die Sternchen bedeuten die Stellen, wo die Bündel in benachbarte Schnittebenen abbiegen (Kopie nach Heidenhain).

Fig. 77. Aus einem Querschnitt durch den Herzmuskel des Menschen. Ca. 800mal vergrößert.

daß durch diese sog. Kittlinien Fibrillen ohne Unterbrechung von einer Zelle in die andere übergehen, daß also eine Kontinuität derselben besteht (Hoyer).

Da die letzte Auffassung uns richtig zu sein scheint, wollen wir in unserer Schilderung M. Heidenhain folgen, dessen Arbeiten wir auch zwei sehr instruktive Bilder entlehnt haben.

Die Herzmuskulatur des Menschen und der Säugetiere besteht aus Fasern, welche in ihrem Verlaufe eine außerordentlich weitgehende Längsspaltung erfahren. Indem sich nun die Teiläste benachbarter

Fasern miteinander verbinden, entsteht eine Art von Plexusbildung (Fig. 75).

Die Fasern bestehen aus Sarkoplasma, Sarkolemma, kontraktilen, quergestreiften Fibrillen und aus Kernen. In den Verlauf der Fasern sind besondere Unterbrechungen eingelagert, die man als Schaltstücke bezeichnet. Die Fig. 76 zeigt uns die gegenseitige Verbindung der Herzmuskelfasern zu einem Plexus. Die durch Spaltung entstandenen Äste hängen mit anderen Fasern zusammen, doch in verschiedenen Ebenen, nicht nur in der Schnittebene allein. Zwischen den Fasern bleiben dabei Lücken übrig, welche durch Bindegewebe ausgefüllt werden und Blutkapillaren beherbergen. Die innerhalb des undifferenzierten Sarkoplasmas verteilten quergestreiften, kontraktilen Fibrillen gleichen in ihrem Bau ganz den Fibrillen der Skelettmuskeln. Deshalb sei auf das dort Gesagte verwiesen. Das Sarkoplasma bildet, ähnlich wie bei den glatten Muskelzellen, nur in einer größeren Mächtigkeit, einen axialen, sich jederseits an die Kerne anschließenden Strang. Von diesem zentralen Sarkoplasmastrang strahlen radiär Sarkoplasmasepten nach der Peripherie aus und es ordnen sich so die kontraktilen Fibrillen zu bandförmigen Längsbündeln, die wieder durch Sarkoplasmabrücken in einzelne Muskelsäulchen zerfallen (Fig. 77). Im Sarkoplasma findet man oft ein körniges braunes Pigment. Das Sarkoplasma des Herzmuskels enthält, ähnlich wie das der Skelettmuskeln, gewisse Einschlüsse, nämlich Mitochondrien, interstitielle Körnchen und Querfasernetze, die, um Wiederholungen zu vermeiden, bei letzteren ausführlicher besprochen werden. Die Herzmuskelfasern sind auf der Oberfläche von einer dünnen Sarkoplasmaschicht überkleidet, die wie in den Skelettmuskelfasern ein sie nach außen abgrenzendes Sarkolemma bildet. Es hängt nach Hoche und Heidenhain sehr fest mit der Zwischenscheibe (Z) der kontraktilen Fibrillen zusammen.

Die Kerne liegen meist in der Achse der Fasern, umgeben von Sarkoplasma, können jedoch exzentrisch oder sogar oberflächlich gelegen sein. Oft begegnet man in einer Sarkoplasmaanhäufung zwei dicht nebeneinander liegenden Kernen (Fig. 75).

Was die interessanten und rätselhaften als Schaltstücke bezeichneten Gebilde betrifft, die früher als Kittlinien benachbarter Zellen betrachtet wurden, so sind das in den Verlauf der Fasern eingelagerte, 1—1,7 μ dicke Platten von verschiedener Breite, da sie bald durch die ganze Dicke einer Faser hindurchgehen, bald sich nur über einen kleinen Teil des Faserquerschnitts erstrecken. Häufig lagern sie sich derart aneinander, daß sie den Faserquerschnitt treppenförmig durchsetzen. Die Schaltstücke zerteilen die Muskelfasern in mitunter ziemlich regelmäßige Abschnitte. Diese Segmente enthalten gewöhnlich einen oder zwei Kerne, was ihnen eine große Ähnlichkeit

mit Zellen verleiht, als welche sie ein Teil der Forscher auffaßt; oft aber hängen infolge unvollständiger Ausbildung von Schaltstücken aufeinander folgende Segmente kontinuierlich zusammen. Die Schaltstücke bestehen aus kurzen Stäbchen (Fig. 74), welche in den Verlauf der Fibrillen eingeschaltet sind und stellen nach Heidenhain eine undifferenzierte Substanz dar, von welcher aus das Wachstum der Muskelfibrillen erfolgt. Hat das Schaltstück eine gewisse Dicke überschritten, so wird es in einen adäquaten Teil kontraktiler Fasersubstanz umgewandelt. Die Schaltstücke wurden auch als Verdichtungsstreifen, die durch Kontraktion während des Absterbens der Fasern entstanden sind, aufgefaßt. v. Ebner, welcher diese stark lichtbrechenden Linien Glanzstreifen nennt, hält sie für kontraktile Abschnitte der Herzmuskelfaser, deren Aufgabe sein soll, den Ablauf der Kontraktionswellen zu regeln.

b) Das quergestreifte Muskelgewebe des Skeletts.

In der Skelettmuskulatur zeigt das Muskelgewebe die weitgehendste Differenzierung, es besteht hier aus lauter selbständigen Fasern, die

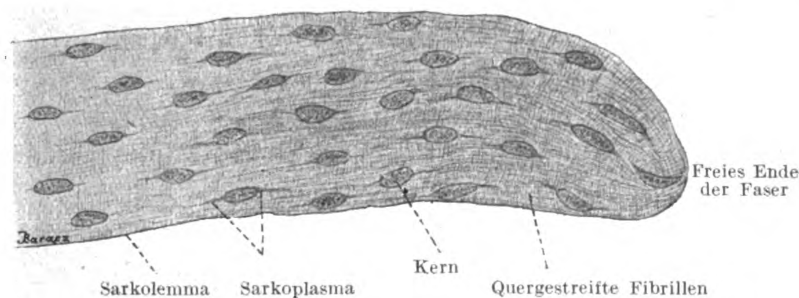


Fig. 78. Muskelfaserstück aus einem quergestreiften Muskel des Frosches.
Ca. 300mal vergrößert.

untereinander keine Verbindung eingehen und sich deshalb durch alle möglichen Mazerationsmittel auch leicht und in ihrer ganzen Länge isolieren lassen.

Diese Fasern können bedeutend länger sein als die glatten Muskelzellen, sie können bei kleinen Muskeln den Muskel in seiner ganzen Länge durchsetzen, bei größeren Muskeln dagegen erreichen sie wahrscheinlich nie die Länge des Muskels. Man hat Muskelfasern bis zu 12 cm Länge gemessen. Außerordentlich schwankend (30—80 μ) ist der Durchmesser der Fasern, doch dürfte er 100 μ wohl niemals übersteigen.

Da der Querschnitt der Muskelfaser fast nie völlig rund, sondern unregelmäßig polygonal ist mit stark abgestumpften Ecken, so stellt die Faser ein langes Prisma dar, dessen Längsdurchmesser den Querdurchmesser bei weitem, um das Hundert- oder Tausendfache,

übertrifft. Die beiden Enden eines jeden Prismas erweisen sich als plump zugespitzt oder kurz abgeschrägt (Fig. 78).

An einer entwickelten Muskelfaser haben wir folgende einzelnen Bestandteile zu unterscheiden (Fig. 78): das unveränderte Protoplasma, hier Sarkoplasma genannt, die periphere verdichtete Ausbreitung des vorigen, welche die äußere Begrenzung bildet, Sarkolemma genannt, die Muskelkerne und schließlich als wichtigsten Bestandteil die kontraktilen quergestreiften Fibrillen. Wir wollen diese Bestandteile nun im einzelnen besprechen.

Über die Anordnung des Sarkoplasma in der Muskelfaser orientieren uns am besten Querschnitte, wie sie die Fig. 79 und 80 dar-

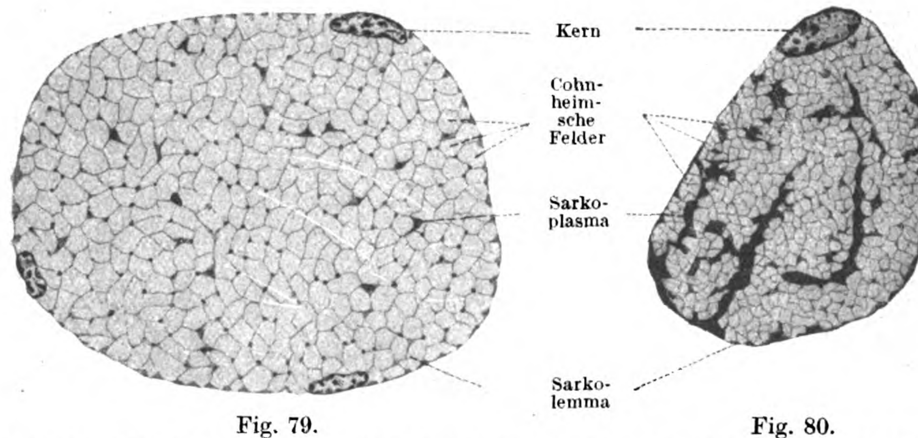


Fig. 79. Fig. 80.

Fig. 79. Querschnitt durch eine Muskelfaser des M. gastrocnemius der Katze, Färbung mit Hämalaun. Regelmäßige Anordnung des Sarkoplasmas. (Helle Muskelfaser.)

Ca. 800mal vergrößert.

Fig. 80. Querschnitt durch eine Faser des M. rectus oculi superior der Katze. Färbung mit Hämalaun. Das Sarkoplasma ist sehr stark entwickelt und bildet zum Teil breite Streifen im Querschnitt. (Trübe Muskelfaser.)

Ca. 800mal vergrößert.

stellen. In der Fig. 79 erscheint der gesamte Querschnitt von einem recht regelmäßigen Maschenwerk durchzogen, das von einer äußeren Konturlinie ausgeht. Dieses Maschenwerk stellt das Sarkoplasma dar, die Konturlinie liegt direkt dem Sarkolemma an. Durch diese regelmäßige Anordnung des Sarkoplasmas wird der ganze Muskelfaserquerschnitt in eine große Anzahl kleiner polygonaler Felder zerlegt, die wir nach ihrem Entdecker als die Cohnheimschen Felder bezeichnen. Nicht immer jedoch ist die Anordnung der Sarkoplasmabälkchen eine so regelmäßige. Fig. 80 zeigt uns einen Querschnitt durch die Faser eines Augenmuskels und hier sehen wir das Sarkoplasma in Form dicker, zum Teil vom Sarkolemma ausgehender Balken, den Querschnitt durchsetzen.

Man hat nach dem Gehalt an Sarkoplasma sarkoplasmaarme Muskelfasern, die auch helle oder weiße heißen — und sarkoplasmareiche, die als trübe oder rote bezeichnet werden, unterschieden. Außer dem verschiedenen Gehalt an Sarkoplasma unterscheiden sich diese zwei Arten von Muskelfasern noch durch andere Eigenschaften, die hier schon erwähnt werden sollen. So zeichnen sich die sarkoplasmareichen, trüben oder roten Muskelfasern noch durch Körnchenreichtum, d. h. durch reichliche Anhäufungen von sog. Sarkosomen (siehe weiter) und Lipoiden im Sarkoplasma aus. Ihre rote Farbe verdanken die roten Muskeln der Anwesenheit von Blutfarbstoff, d. h. Hämoglobin in den Fasern, außerdem zeigen sie auch eine stärkere Versorgung mit Blutgefäßen. Im Zusammenhange mit dem reichlicheren Gehalte an Sarkoplasma besitzen die roten Muskelfasern eine deutlichere Längsstreifung, enthalten ihre Kerne auch im Innern der Fasern und zeichnen sich durch langsamere Kontraktilität und später eintretende Ermüdung aus. Die sarkoplasmaarmen hellen oder weißen Fasern dagegen weisen eine deutliche Querstreifung auf, haben ausschließlich peripherisch, dicht unter dem Sarkolemma gelegene Kerne, kontrahieren sich schneller, ermüden jedoch eher. Es zeigte sich jedoch, daß sarkoplasmareiche Muskeln nicht immer auch zugleich rote Muskeln sind; so gehören z. B. die Augenmuskeln des Menschen, des Affen und des Kaninchens, obgleich sie außerordentlich sarkoplasmareich sind, zu den weißen Muskeln (Thulin). Beim Menschen besteht die ganze Muskulatur vorwiegend aus beiden Faserarten, welche miteinander vermischt sind, so daß die Muskeln im allgemeinen sowohl sarkoplasmareiche, trübe oder rote, als auch sarkoplasmaarme, helle oder weiße Fasern in verschiedenem Verhältnisse enthalten, je nach der durch den Muskel zu leistenden Arbeit. Trübe Fasern überwiegen in denjenigen Muskeln, welche sich häufiger und andauernder kontrahieren müssen. Bei Tieren bestehen gewisse Muskeln fast ausschließlich aus sarkoplasmaarmen oder weißen, andere dagegen aus sarkoplasmareichen oder roten Fasern; beim Kaninchen ist z. B. der Semitendinosus und der Soleus exquisit rot.

Aus den Bildern, welche uns Muskelfaserquerschnitte liefern, können wir folgern, daß das Sarkoplasma innerhalb der Muskelfaser längsgerichtete Septen bildet, welche sich aus dem Sarkolemma erheben, radiär nach innen strahlen und sich zu einem Wabenwerk vereinigen, welches man am besten mit stark in die Länge gezogenen Bienenwaben vergleichen kann. In diesen Längswaben liegen dann, zu Bündeln vereinigt, die kontraktilen Fibrillen.

Innerhalb des Sarkoplasmas finden wir zahlreiche Körner, von denen zwei Arten unterschieden werden können, nämlich Mitochondrien und sog. interstitielle Körnchen oder Sarkosomen und überdies sog.

Querfadennetze. Auf diese Einlagerungen des Sarkoplasmas werden wir noch später zurückkommen.

Während das Sarkolemma in den glatten Muskeln und im Herzmuskel ausschließlich von einer dünnen, verdichteten, oberflächlichen Sarkoplasmaschicht gebildet ist, findet sich im Skelettmuskel außerdem an der Oberfläche dieser Sarkoplasmalage eine äußerst zarte, etwa 1 μ dicke Hülle, welche sich innig der Oberfläche des Sarkoplasmas anschmiegt, die Muskelfaser allseitig umhüllt und als eigentliche Zellmembran aufzufassen ist. Eine andere Auffassung vertritt Häggqwist, der auf Grund seiner Untersuchungen über die Entwicklung von Froschmuskeln um den Myoblasten herum ein doppelt konturiertes primäres Sarkolemma beschreibt, das ein Produkt von differenziertem Sarkoplasma ist. Dieses geht im Laufe der weiteren

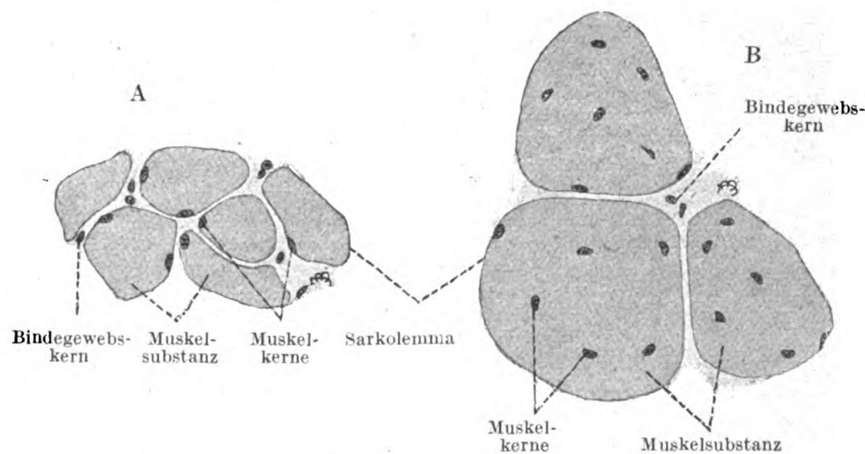


Fig. 81. Querschnitt von quergestreiften Muskelfasern.
A vom Menschen, B vom Frosch. Ca. 350mal vergrößert. Es tritt hier das Verhältnis der Muskelkerne zum Sarkolemma hervor.

Entwicklung in das definitive Sarkolemma über, das — was seine histochemische Natur anbetrifft — mit dem Kollagen verwandt ist. In ihm entwickelt sich ein Netz feiner Kollagenfibrillen, die direkt in das die Muskelfaser umgebende Bindegewebe, das sog. Perimysium internum, übergehen. An der frischen Muskelfaser gelingt es unschwer, das Sarkolemma als besondere Membran zu isolieren, wenn man durch chemische oder mechanische Insulte die quergestreifte Substanz zerstört. Dann erhält man es als ganz oder teilweise leeren Schlauch. Das beweist uns zweierlei, einmal, daß das Sarkolemma viel widerstandsfähiger als das Sarkoplasma, dichter gefügt und chemisch verändert ist, und zweitens, daß das Sarkoplasma nur eine sehr weiche Konsistenz hat.

Die Kerne der Muskelfasern sind meist länglich oval. Über ihren Bau ist nichts Besonderes zu berichten, dagegen wollen wir ihre

Lagerung etwas näher betrachten. Bei den Säugetieren und dem Menschen liegen sie dicht unter dem Sarkolemma, also ganz peripher, nach innen zu von einer kaum merklichen Sarkoplasmaschicht bedeckt. Bei niederen Wirbeltieren dagegen finden sie sich sowohl unter dem Sarkolemma als auch überall durch das Innere der Faser zerstreut, und zwar sind sie im letzteren Falle immer von einer geringeren oder größeren Ansammlung von Sarkoplasma umgeben (Fig. 81). Jedoch auch beim Menschen ist die ausschließlich periphere Lagerung der Kerne nicht ganz strikt durchgeführt. Fast in jedem Muskel wird man ab und zu einmal eine Faser mit einem oder mehreren zentralen Kernen finden und in den Augenmuskeln ist das ein ganz gewöhnliches Vorkommnis. Es sind dies nämlich sarkoplasmareiche oder trübe Muskelfasern.

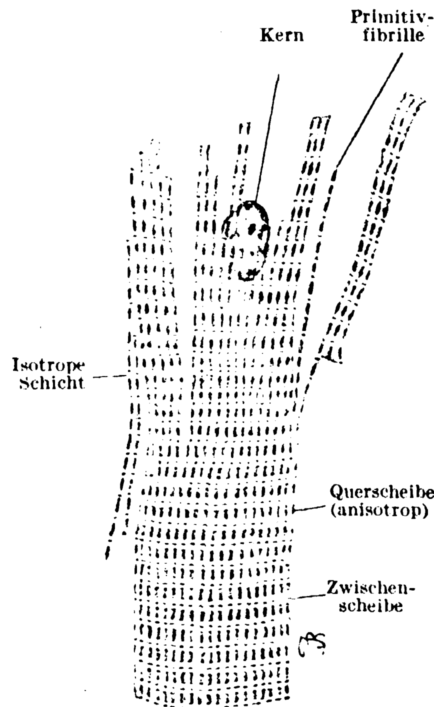


Fig. 82. Ein in Fibrillen zerfallenes Muskelfaserstück des Frosches.

Ca. 650mal vergrößert.

Wir wenden uns nun zum wichtigsten Bestandteil der Muskelfaser, zur kontraktilen Fibrille oder Myofibrille. Die Fibrillen liegen, wie oben schon ausgeführt, innerhalb der Cohnheimschen Felder gleichmäßig verteilt, oder, besser gesagt, der Gesamtquerschnitt einer bestimmten Anzahl zusammengelagerter Fibrillen ist ein Cohnheimsches Feld. Die Fibrillen liegen niemals isoliert, sondern sind immer in größerer Zahl miteinander zu Bündeln vereinigt, welche man als Muskelsäulchen (Columnae musculares, Kölliker) bezeichnet. Jedes Muskelsäulchen wird von seinen Nachbarn durch Sarkoplasma getrennt und das, was wir als Cohnheimsche Felder kennen gelernt haben, entspricht den Querschnitten dieser Muskelsäulchen. Innerhalb der Säulchen läßt sich eine die Fibrillen trennende Substanz nicht nachweisen.

Die Fibrillen stellen lange, vollkommen glatte, allerfeinste Fäden dar. Wenn ihr Durchmesser gewöhnlich auf 1,0—1,5 μ angegeben wird, so ist das nach unseren Erfahrungen viel zu hoch gegriffen, 0,2 μ dürfte eher das Richtige treffen. Fig. 82 zeigt die Fibrillen nicht mehr glatt, hier sind sie schon infolge der Reagenzwirkung mehr perlschnurähnlich geworden.

Bei starker Vergrößerung zeigen sich die Fibrillen alternierend aus helleren und dunkleren, d. h. schwächer und stärker lichtbrechenden Abschnitten zusammengesetzt. Werden die Fibrillen unter dem Polarisationsmikroskop untersucht, so erscheinen bei gekreuzten Nicols die einen Abschnitte hell in dunklem Feld, sie sind somit doppelbrechend, anisotrop, die anderen Abschnitte dagegen erweisen sich als einfachbrechend, isotrop. Dadurch, daß in den eng aneinander gereihten Fibrillen immer isotrope und anisotrope Abschnitte in derselben Höhe liegen und dicht nebeneinander angeordnet sind, entsteht die charakteristische Querstreifung der Muskelfasern.

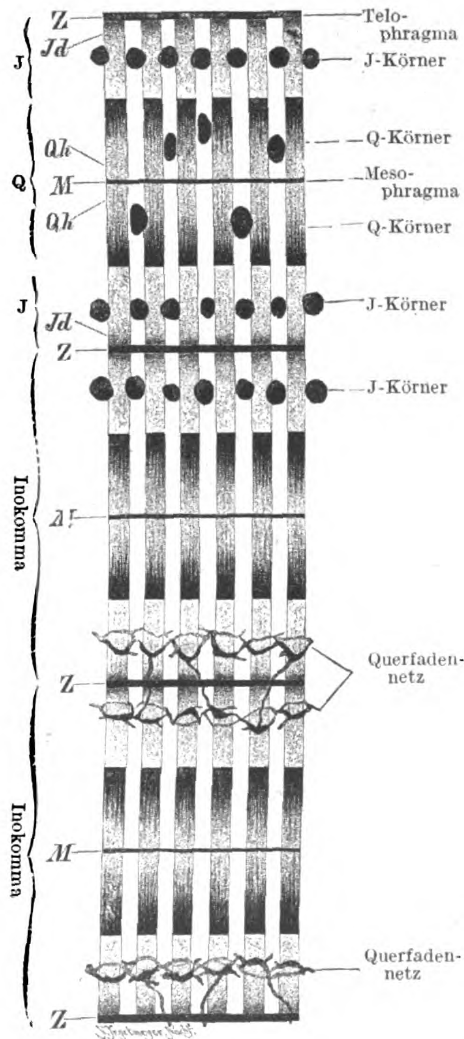


Fig. 83. Schema der Struktur des quergestreiften Muskels. Nach M. Heidenhain.

Ganz starke Vergrößerungen decken uns aber noch weitere Details in dem Bau der Muskelfaser bzw. der Fibrillen auf (Fig. 83 und 84). Vor allem sehen wir in regelmäßigen Abständen dunkle, ca. 0,5 μ dicke Linien, welche ohne Unterbrechung durch die ganze Dicke der Muskelfaser quer verlaufen, indem sie kontinuierlich die sarkoplasmatischen Interstitien durchsetzen und sich mit dem Sarkolemma verbinden. Es sind das die sog. Grundmembranen (Krause) oder Telophragmen (Heidenhain), von Amici als Zwischenscheiben (Z-Streifen) beschrieben. Diese Grundmembranen bilden Septen, welche die gesamte Muskelsubstanz in einzelne hintereinander gelegene Segmente, sog. Muskelkästchen, Muskelfächer, Muskelsegmente, Inokommata, auch kürzer Kommata (Heidenhain) scheiden. Ein jedes derartige Muskelsegment (Komma) ist geteilt in zwei Hälften durch eine äußerst feine Membran, die sog. Merkelsche Mittelscheibe, Mittelmembran, Mesophragma (Heidenhain), die ebenfalls kontinuierlich verläuft.

In den einzelnen, durch Telophragmen zerlegten Muskelsegmenten (Kommata) ist die fibrilläre Masse aus zwei Substanzen, der iso- und anisotropen, zusammengesetzt, die derart gegliedert erscheinen, daß die anisotrope Substanz die Mittelzone (Q-Streifen) einnimmt, die isotrope endständig gelegen ist (I-Streifen). Selbstverständlich ist, daß das, was sich auf Fig. 83 als Streifen darstellt, tatsächlich nur der optische Durchschnitt der Scheibe ist. Es werden somit hier die beiden Bezeichnungen: Streifen und Scheibe abwechselnd gebraucht werden. Es scheint, daß die Unterschiede im Verhalten der Q- und I-Streifen ihren Grund in einer ungleichen Substanzdichte haben, der einfachbrechende (isotrope) I-Streifen ist nämlich weniger dicht und wasserreicher als der doppelbrechende (anisotrope) Q-Streifen. Dieser verschiedenen Dichte dürften auch die erheblichen Unterschiede in der Färbbarkeit der beiden Substanzen zugeschrieben werden. Q zeigt, im Gegensatz zu I, eine bedeutende Affinität zu Farbstoffen. Der anisotrope Q-Streifen wird durch die Mittelscheibe halbiert. Die Grund- und Mittelmembranen (Z und M) gehören, da sie kontinuierlich die ganze Faser durchqueren, ebensowohl den Fibrillen an, deren Differenzierungen sie darstellen, als auch den sarkoplasmatischen Interstitien, welche von ihnen überbrückt werden. Die Grundmembranen (Z-Streifen) zerlegen die fibrilläre Masse des quergestreiften Muskels in eine große Zahl aufeinander folgender Segmente, welche sich in ihrem Bau völlig gleichen. Von der Seite gesehen erscheinen diese Segmentteile zwar als Streifen, sind jedoch, wie oben bemerkt, tatsächlich Scheiben. Jedes Segment beginnt mit einer isotropen Scheibe (I), dann folgt die eine Hälfte der anisotropen Querscheibe (Q), auf diese die Mittelscheibe (M) und nun die zweite Hälfte der anisotropen Querscheibe (Q). Den Abschluß bildet wieder eine isotrope Scheibe (I). Zwei benachbarte Segmente werden durch die Zwischenscheibe (Z) verbunden.

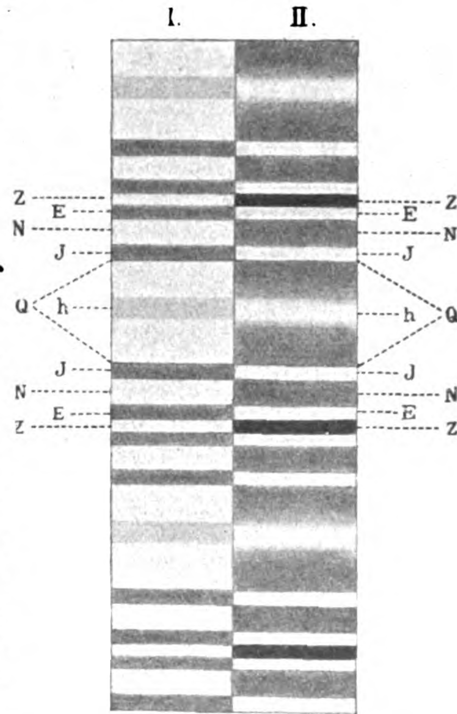


Fig. 84. Schema der Querstreifung eines Käfermuskels nach Rollett.

I bei hoher, II bei tiefer Einstellung des Objektivs; Q Querscheibe, h Mittelscheibe (Hensensche Scheibe), J isotrope Substanz, N Nebenscheibe, E isotrope Substanz ((Endscheibe), Z Zwischenscheibe.

Einwirkung von verschiedenen Agenzien, wie Alkohol, Chrom-, Salizyl- und Pikrinsäure, ruft eine Längsspaltung der Muskelfaser in Muskelsäulchen hervor, welche nachträglich durch Zerzupfen mittelst Nadeln in einzelne kontraktile Fibrillen zerlegt werden können. Diese Agenzien nämlich lockern resp. lösen das Sarkoplasma auf, welches die Säulchen innerhalb der Faser verbindet.

Die Fibrille ist als letzte Einheit der quergestreiften Muskelfaser zu betrachten. Das Auftreten einer Differenzierung innerhalb der Fibrille in verschieden beschaffene Abschnitte ist dagegen bloß als ein Moment aufzufassen, welches die Erfüllung der den Muskelfasern zufallenden Funktion erleichtert.

Zwar kann unter dem Einfluß von manchen Agenzien, wie Alkohol und gewissen Säuren, unter bestimmten günstigen Umständen auch ein Zerfall der Muskelfasern der Quere nach in Scheiben eintreten, doch zeigt eine nähere genaue Einsicht in den Vorgang, daß dieser Zerfall künstlich ist. Unter dem Einfluß von gewissen Säurelösungen nämlich quellen die einen Abschnitte der Fibrille, die einen Scheiben mehr als die anderen, so daß die unter normalen Verhältnissen ganz glattrandigen Fibrillen nun die Form von Perlenstäben annehmen. Am stärksten quillt dabei die Querscheibe. Wird die Säurewirkung intensiver, so spaltet sich die Querscheibe der Quere nach und es zerfällt so eine jede Fibrille in einzelne übereinandergelagerte Scheiben, die wie die Stücke in einer Geldrolle liegen und von denen jedes als Mittelstück eine intakte Zwischenscheibe hat.

Eine andere Art des Scheibenzerfalls ist zuerst von Bowman beschrieben und später durch die hervorragenden Untersuchungen Rolletts genauer analysiert worden. Läßt man Käfermuskeln längere Zeit in starkem (93%) Alkohol liegen, so tritt unter Umständen nach 24—28 Stunden ein Zerfall der ganzen Muskelfaser in übereinandergeschichtete Scheiben, sog. Bowmansche Discs, auf. Dabei bleibt die Querscheibe und vor allem die Zwischenscheibe immer intakt und die Trennung erfolgt innerhalb der isotropen Scheiben. Die Tatsache, daß die Zwischenscheibe in beiden Fällen intakt bleibt, spricht für ihre große Widerstandsfähigkeit.

Wir müssen noch die oben erwähnten Einlagerungen des Sarkoplasmas und ihr Verhältnis zur fibrillären Substanz besprechen. Wie schon früher gesagt wurde, besteht ein Teil der im Sarkoplasma enthaltenen Körner aus Mitochondrien. In den Muskelfasern des Erwachsenen treten sie in dem die Kerne umgebenden Sarkoplasma in größerer Anhäufung auf, zwischen den Muskelsäulchen in Form von einzelnen Körnern oder Fäden (Regaud und Favre, Luna). Viel zahlreicher erscheinen sie in den Zellen eines sich entwickelnden Muskels (worüber weiter unten). Neben den Mitochondrien führt das Sarkoplasma noch andere Körner, sog. interstitielle Körner

(Kölliker) oder Sarkosomen ((Retzius). Nach Holmgren kann man zwei Arten von ihnen unterscheiden. Die einen, die I-Körner, liegen im Niveau des I-Streifens, die anderen, die Q-Körner, im Niveau des Q-Streifens (Fig. 85 und 86). Die ersteren haben die Veranlassung gegeben zur Beschreibung einer sog. Nebenscheibe, N-Streifen (Engelmann, Rollet), in den Muskeln der Insekten, welche die I-Scheibe halbiert. Doch haben die Untersuchungen von Retzius erwiesen, daß die sog. Nebenscheibe kein weiteres Differenzierungsprodukt der Fibrillen ist, sondern nur vorgetäuscht wird durch die bei Insekten sehr regelmäßig zwischen den Fibrillen in der Mitte der I-Scheibe zu beiden Seiten des Z-Streifens gelegenen Körner. Ob irgendein und was für ein Verhältnis zwischen den Sarkosomen und

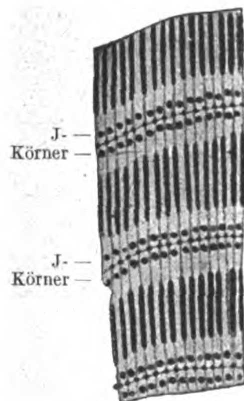


Fig. 85.

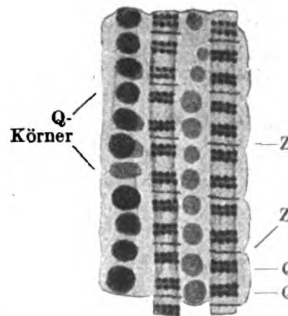


Fig. 86.

Fig. 85. Skelettmuskelfasern von Dytiscus marginalis in Extension mit gefärbten J-Körnern.

Fig. 86. Flügelmuskelfasern der Hummel (Bombus terrestris) in Extension mit zwei Reihen von gefärbten Q-Körnern.

Beide Figuren nach Holmgren aus M. Heidenhain.

den Mitochondrien besteht, ist nicht bekannt. Die Sarkosomen sollen Lezithin, Glykogen und Fett enthalten. Holmgren nimmt an, daß sie die Aufgabe haben, Reservestoffe aufzuspeichern, welche bei der Tätigkeit der Muskeln verbraucht werden. Der Gehalt an Sarkosomen ist sowohl bei verschiedenen Muskeln wie auch in einem und demselben Muskel in verschiedenen Stadien seiner Tätigkeit außerordentlich verschieden; bei andauernd tätigen und flinken Muskeln (Flügelmuskeln, Herzmuskeln) erreichen dieselben einen bedeutenden Ausbildungsgrad, verleihen sogar den Fasern ein getrübtes Aussehen. Nach Ermüdung des Muskels unterliegt die Anzahl der Q-Körner einer erheblichen Reduktion.

Innerhalb des Sarkoplasmas sind überdies noch gewisse regelmäßige, transversal angeordnete Fadennetze beschrieben worden, die mit der Golgischen Methode leicht nachweisbar sind und die Muskel-

säulchen in der Gegend des Z- resp. M-Streifens umflechten (Retzius, Ramón y Cajal, Fusari, Veratti, Holmgren). Diese Querfadennetze (Fig. 83) werden von den einen als sarkoplasmatische Strukturen (Fusari, Veratti) angesehen, andere aber (Holmgren, Ramón y Cajal) zählen sie zu den sog. binnenzelligen Fadennetzen oder Trophospongien, welche von Holmgren in verschiedenen Zellarten beschrieben worden sind. Diese Querfadennetze stehen einerseits zu den Sarkosomen in inniger Beziehung, andererseits aber hängen sie nach Holmgren bei den Insektenmuskeln mit den Endzweigen der Tracheenröhrchen, bei anderen Tieren mit dem die Muskelfaser umspinnenden Bindegewebe resp. mit den Blutkapillaren zusammen. Deshalb schreibt Holmgren den Querfadennetzen eine wichtige Rolle bei den Stoffwechselprozessen und vor allem während der Kontraktion des Muskels zu.

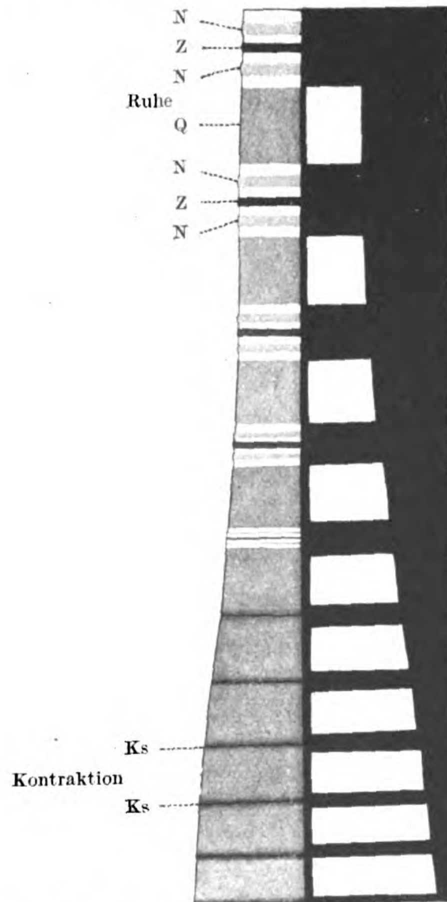


Fig. 87. Muskelfaser von Telephorus melanurus in gewöhnlichem Lichte — links, im polarisierten Lichte — rechts; das obere Ende der Faser in ruhendem, das untere in kontrahiertem Zustande.

Nach Th. W. Engelmann.

Doch fehlt es nicht an Stimmen, die sich gegen eine derartige Erklärung dieser Querfadennetze erheben. Hirschler identifiziert sie in gewissen Fällen mit den Grundmembranen, in anderen mit den zu Binnennetzen vereinigten Sarkosomenreihen.

Wir wollen nun die Veränderungen, denen der Bau der Muskelfaser während der Kontraktion unterliegt, kennen lernen. Während der Kontraktion wird der Muskel kürzer und sein Umfang nimmt zu, wobei die einzelnen Schichten dünner werden und gleichzeitig das Querstreifungsbild sich erheblich ändert (Fig. 87). Man sieht nämlich im Niveau des Z-Streifens ein neues Gebilde, den sog. Kontraktionsstreifen, auftreten (Ks), der sich stark färbt und das Licht einfach bricht. Zur Bildung dieses Kontraktionsstreifens verschmelzen alle Streifen, die zwischen den Q-Streifen liegen. Es hat sich gezeigt, daß die Bildung dieses Kontraktionsstreifens von gleichzeitigen Änderungen im Sarkoplasma abhängig ist, es ändern nämlich während der Kontraktion die I-Körner ihre Lage, indem sie sich an die Zwischenmembran anlagern. Gleichzeitig mit der Entstehung dieses sich intensiv färbenden Kontraktionsstreifens verliert der Q-Streifen seine Färbbarkeit, behält aber seine Doppelbrechung. Dieser früher als „Umkehr der Querstreifung“ bezeichnete Wechsel der

Färbbarkeit der Scheiben hat höchstwahrscheinlich seinen Grund in einer Veränderung der Dichte oder der Wasserverteilung innerhalb der fibrillären Masse.

Nach der zuerst von **Engelmann** aufgestellten Hypothese beruht der ganze Kontraktionsvorgang auf einer Quellung der anisotropen Substanz. Dieselbe quillt auf Kosten der isotropen Substanz und wesentlich in querer Richtung, senkrecht zur Fibrillenlängsachse. Nach **Meigs** soll dagegen diese Quellung auf einer Aufnahme von sarkoplasmatischen Bestandteilen beruhen. Dieser Quellungstheorie ist zuerst **Ranvier** entgegengetreten mit der Behauptung, daß bei der Kontraktion hauptsächlich die Q-Scheibe tätig sei und sich dabei zwar etwas verbreitere, aber im ganzen an Umfang abnehme. Gegen die Quellungstheorie sprechen auch die neueren sorgfältigen Messungen von **Hürthle** und **Gutherz** an der überlebenden und an der fixierten Muskelfaser. Im ganzen können wir sagen, daß heute eine feinere Analyse des Kontraktionsvorganges noch nicht gegeben werden kann. Die Streifung selbst ist jedenfalls nicht als unumgängliche Bedingung der Kontraktilität zu betrachten, denn die glatten Muskelzellen, welche keine Querstreifung aufweisen, sind ebenfalls kontraktil. Die Querstreifung steht jedoch, wie man mit Grund annehmen kann, mit der Geschwindigkeit der Kontraktion im Zusammenhange. Diese Annahme wird auch durch die Tatsache bestätigt, daß die Fibrillen sich um so rascher kontrahieren, in je kleinere Abschnitte sie durch die Z- und M-Scheiben geteilt sind; denn die Verteilung der kontraktilen Substanz in kleine Teilchen erleichtert und ermöglicht die schnellere Abgabe des Wassers von der Querscheibe in die anliegenden Partien (**Ranvier**).

Wie aus obigem ersichtlich, schreiben beide Anschauungen nur den Q- und I-Scheiben eine Bedeutung für die Kontraktion zu, während die Z- und M-Scheiben keinen Anteil an dieser Funktion besitzen und ihre Aufgabe nur in der Zergliederung der Fäserchen in eine Reihe kleiner Teilchen besteht. **Holmgren** deutet die Grundmembranen als „Plasmophoren", d. h. Vermittler stofflicher Transporte in der Querrichtung der Fasern, worin auch die starke Färbbarkeit der Grundmembranen in den Kontraktionsstreifen während der Kontraktion der Fasern ihren Grund haben mag.

Die quergestreiften Skelettmuskeln nehmen ihren Ursprung vom Mesoderm, ihre **Entwicklung** geht nämlich von den Zellen gewisser Abschnitte der Ursegmente aus, welche wir als **Muskelplatte** oder **Myotom** bezeichnen. Jedes Myotom besteht aus zylindrischen Zellen, den **Myoblasten**. Diese Zellen treiben Ausläufer, welche sich miteinander vereinigen. Die so entstandenen Brücken werden immer breiter und unter vollständigem Schwund ihrer Grenzen verschmelzen die Myoblasten miteinander, so daß ein einheitliches plasmatisches Synzytium entsteht. Jetzt erst erscheinen in diesem Synzytium die ersten kontraktilen Fibrillen (**Godlewski**, **Mlodowska**), wobei, wie **Duesberg**, **Meves** und **Luna** nachgewiesen haben, die Hauptrolle Mitochondrien spielen, welche sich in den Myoblasten zahlreich vorfinden. Sie erscheinen in Form von kleinen, vereinzelt liegenden Körnchen, vereinigen sich kettenartig zu Stäbchen und schließen sich zu längeren Fäden aneinander. Sie bilden die Anlagen der kontraktilen Fibrillen, in denen nun die weitere Differenzierung in die uns schon bekannten Teilchen stattfindet. Der Z-Streifen entsteht ganz zuletzt. Die Neubildung der Fibrillen durch direkte Differenzierung aus diesen Plastosomen erfolgt während des ganzen Embryonallebens, nach der Geburt dagegen vermehren sich die Fibrillen nur durch Längsspaltung und können, indem sie innerhalb der Myoblasten in die Länge wachsen, an ihren Enden mit den Fibrillen benachbarter Myoblasten verschmelzen oder aber in die angrenzenden Myoblasten einwachsen. Es kommt aber nicht nur zur Vereinigung von Myoblasten desselben Myotoms, sondern auch von Myoblasten, welche mehreren, hintereinander liegenden Myotomen angehören, nämlich dann, wenn sich die Muskelfaser aus mehreren Myotomen entwickelt. Es ist somit das Wachstum der Fibrillen innerhalb eines Synzytiums unabhängig vom Territorium, in welchem sie entstanden sind (**Godlewski**, **Mlodowska**). In den letzten Jahren treten manche Autoren gegen die Ansicht von dem vielzelligen Ursprung der Muskelfaser auf; gleich früheren Forschern nehmen auch sie an, daß die Muskelfaser entwicklungsgeschichtlich aus einer Zelle durch enormes Auswachsen eines einzigen Myoblasten hervorgehe (**Franz**, **Asai**). Diese Differenzierung findet zuerst in der Zellperipherie statt, so daß die junge Muskelfaser zunächst von den quergestreiften,

längsverlaufenden Fibrillen mantelförmig umgeben ist. In der Folge schreitet dann unter fortgesetzter Kernteilung und fortwährender Längenzunahme der Faser die Fibrillenbildung immer mehr nach innen zu fort. Die Kerne, welche anfangs in der Achse der jungen Muskelfaser liegen, werden bei den Säugetieren und beim Menschen noch während des Embryonallebens gegen die Peripherie zu verdrängt, bis sie endlich außerhalb des Fibrillenzylinders, innerhalb einer Schicht von Sarkoplasma, die die ganze Faser umhüllt, zu liegen kommen.

Wie sich aus dem oben Gesagten ergibt, müssen die Muskelfasern als eine Kombination von Synzytium und Polykaryozyt angesehen werden.

Das Wachstum des Muskels geht auf zweierlei Weise vor sich. Einmal nehmen seine Fasern an Länge und Dicke zu, und zwar dadurch, daß die Fibrillen in die Länge wachsen und sich der Länge nach spalten, wodurch gröbere und fibrillenreichere Fasern entstehen; daneben werden noch neue Fasern gebildet, und zwar durch Längsspaltung vorhandener (Weismann, Felix). Die Faser, welche sich zur Spaltung anschickt, ist dadurch charakterisiert, daß sich ihre Kerne in zwei bis vier Längsreihen anordnen (Weismannsche Kernreihenfasern). Dann erfolgt die Längsspaltung zwischen den Kernreihen, die entstandenen Tochterfasern können sich nach einiger Zeit wiederum spalten und es entstehen so Bündel eng zusammengelagerter Muskelfasern, die von einer gemeinsamen Bindegewebsschicht umhüllt werden. Solche Weismannsche Bündel trifft man nicht nur beim Embryo und beim Kinde, sondern auch beim Erwachsenen, denn es ist höchst wahrscheinlich, daß während des Lebens Muskelfasern fortwährend zugrunde gehen und durch neue ersetzt werden, die in obiger Weise durch Längsspaltung entstehen.

Die Regeneration des Muskels bei geringen Substanzverlusten geht vom Sarkoplasma aus; dieses vermehrt sich neben gleichzeitiger Vermehrung der Kerne durch indirekte Teilung. Aus diesem so gebildeten Sarkoplasma differenzieren sich dann die kontraktilen Fibrillen.

Das quergestreifte Gewebe der Skelettmuskeln findet sich außer in letzteren noch in den Muskeln der Augenhöhle, den Muskeln der Paukenhöhle, im obersten Abschnitt des Verdauungs- und Atmungstraktes, also in der Zunge, dem Schlundkopf, dem Kehlkopf und dem oberen Teil des Ösophagus, am Mastdarmende und an den Geschlechtsorganen. Alle diese Muskeln sind dem Willen unterworfen, mit Ausnahme der Ösophagusmuskeln und des M. cremaster externus.

IV. Das Nervengewebe.

Das Nervengewebe setzt sich zusammen aus Zellen, deren hervorstechendste morphologische Eigentümlichkeit darin besteht, daß von ihrem Körper Fortsatzbildungen ausgehen, deren Zahl, Verbreitung und Längenausdehnung außerordentlich großen Schwankungen unterliegen. Alle Zellen des Nervengewebes sind ursprünglich gleichwertige,

fortsatzlose Bestandteile des äußeren Keimblattes. Wenn sich das letztere zum Medullarrohr geschlossen hat, erfolgt in den seine Wand in mehrfacher Schicht zusammensetzenden Zellen eine durchgreifende Sonderung. Die einen bilden sich zu typischen Nervenzellen um, zu sogenannten Neuroblasten, die anderen dagegen übernehmen die mehr untergeordnete Rolle von Stützelementen, die wir als Spongioblasten bezeichnen.

Die Neuroblasten sind anfangs von runder Form und besitzen einen ziemlich großen rundlichen Kern. In seiner Nähe bilden sich in dem Zellkörper Fasern aus, die netzförmig miteinander verbunden sind. Es sind dies die Neurofibrillen. Das Neurofibrillennetzwerk nimmt immer mehr zu, während die Zelle ihre Form verändert und birnförmig wird. Es durchdringt den ganzen Zellkörper, umhüllt den Kern und dringt auch als dickes Bündel in den verschmälerten, zur Peripherie des Nervenrohres gerichteten Teil des Zellkörpers ein. Dann verlängert sich dieser Teil des Zellkörpers immer mehr, wächst gegen die Peripherie des Nervenrohres vor, tritt schließlich aus diesem aus und nimmt seinen Weg zu einer bestimmten Muskelfaser, um sie mit der Nervenzelle zu verbinden.

Gleichzeitig mit diesem Hauptfortsatz bilden sich aber noch weitere Fortsätze des Zellkörpers, in die ebenfalls Neurofibrillen hineindringen, so daß wir schließlich ein Zellgebilde mit zahlreichen Fortsätzen erhalten, das von Neurofibrillen nach allen Richtungen durchzogen wird. In den Fortsätzen verlaufen die Fibrillen mehr oder weniger dichtgedrängt und parallel, im Zellkörper dagegen treten sie zu Netzbildungen zusammen.

Die Fortsätze haben die Aufgabe, benachbarte und auch entferntere Nervenzellen untereinander zu verbinden, gleichzeitig wird aber auch durch sie die Verbindung bestimmter Nervenzellen mit ihrem Endorgan — Muskelfaser, Sinneszelle — vermittelt. Diejenigen Fortsätze, welche dem Zellkörper Reize entweder von anderen Nervenzellen oder von außen her durch Vermittlung von Sinneszellen zuleiten, bezeichnen wir als Dendriten, denjenigen, in der Einzahl vorhandenen Fortsatz, welcher von der Zelle fortleitet, dagegen als Neuriten.

Der Neurit kann sich in größerer oder geringerer Entfernung von der Zelle mit besonderen Scheiden umgeben, er wird dadurch zu einer Nervenfaser, die ihr Ende entweder im Zentralorgan findet oder aus diesem heraustritt. Bei den motorischen Zellen des Rückenmarks wird so der Neurit zu einer markhaltigen Nervenfaser, die aus dem Rückenmark austritt und oft lange Strecken im Körper zu durchmessen hat, um zu einer ganz bestimmten Muskelfaser zu gelangen. Die übrigen vom Körper der motorischen Zellen

Erläuterung zu Tafel VIII.

Fig. 88. Spinalganglion der Katze. Färbung nach **Biondi-Heidenhain.** ***uk*** Ursprungskegel des Zellfortsatzes, *k* **Holmgrensches** Kanälchen, ***Kz*** Kapselzellen, ***ml*** markhaltige Fasern, längsgeschnitten, ***mq*** markhaltige Fasern, quergeschnitten.

Ca. 800mal vergrößert.

Fig. 89. Ganglion cervicale supremum der Katze. Färbung mit Hämatoxylin. *Kz* Kapselzellen, ***r*** sympathische Fasern im Längsschnitt. Bei *x* zwei Zellausläufer.

Ca. 800mal vergrößert.

Fig. 90. Ganglion spirale des Meerschweinchens. Färbung mit Hämatoxylin. *Kz* Kapselzellen, ***ml*** markhaltige Fasern, deren Markscheide durch Osmiumbehandlung geschwärzt erscheint.

Ca. 200mal vergrößert.

Fig. 91. Unipolare Nervenzellen der Radix descendens n. trigemini des Kaninchens. Vitale Methylenblaufärbung.

Ca. 100mal vergrößert.

Fig. 92. Motorische Vorderhornzelle des Kaninchenrückenmarks. Vitale Methylenblaufärbung. ***nr*** Neurit mit Kollateralen (*Kol*). Die Dendriten sind abgeschnitten.

Ca. 550mal vergrößert.

Fig. 93. Motorische Seitenhornzellen des Kaninchenrückenmarks. Vitale Methylenblaufärbung. ***nr*** Neurit.

Ca. 550mal vergrößert.

ausgehenden Fortsätze, d. h. die Dendriten, bleiben dagegen im Rückenmark und umgeben sich nicht mit Scheiden.

Bei der sensiblen Zelle, wie sie sich in den Spinalganglien findet, umgibt sich nicht nur der Neurit, sondern auch der hier in der Einzahl vorhandene Dendrit mit Scheiden. Beide werden zu markhaltigen Nervenfasern. Der Dendrit stellt die von der Peripherie, der Haut, her in das Spinalganglion eindringende sensible Nervenfaser dar; der Neurit verläßt das Spinalganglion, um als hintere Wurzelfaser in das Rückenmark einzudringen.

Eine solche Nervenzelle mit allen ihren Fortsätzen hat man auch als ein Neuron (Waldeyer) bezeichnet. Es baut sich also das ganze Nervensystem aus lauter einzelnen Neuronen auf. Wir können andererseits aber auch sagen: das Nervengewebe baut sich aus Zellen, Nervenzellen und Fasern, Nervenfasern auf, müssen aber dabei immer im Auge behalten, daß die letzteren Fortsätze der ersteren sind.

Auch die Spongioblasten bleiben nicht einfache rundliche Zellen, sondern entwickeln Fortsatzbildungen der verschiedensten Art. Sie bilden einmal ein die Höhlen der Zentralorgane auskleidendes Epithel, oder sie lassen wieder aus ihrem Zellkörper Fasern entstehen, ganz ähnlich wie der Fibroblast kollagene Fasern entwickelt. Die Fasern bezeichnen wir als Gliafasern, sie bilden ein Stützgerüst der nervösen Zentralorgane und werden mit ihren Mutterzellen zusammen unter dem Namen des Gliagewebes oder der Neuroglia zusammengefaßt.

I. Die Nervenzelle.

Wir können an jeder Nervenzelle folgende einzelne Bestandteile unterscheiden, die bei der großen Kompliziertheit ihres Baues eine getrennte Besprechung erheischen: 1. den Kern, 2. den Zellkörper und 3. die Zellfortsätze, und zwar a) die Dendriten und b) den Neurit.

1. Der Kern der Nervenzelle.

Der Kern der Nervenzelle ist meist rund, d. h. also kugelig, seltener ovoid (Fig. 88, 89, 98). Manchmal zeigt er an seiner Oberfläche seichte Einbuchtungen, Dellen. Immer wird er umgrenzt von einer scharf abgesetzten Kernmembran, von der Chromatinbälkchen und -stränge radiär nach innen strahlen. Sie finden meist ihre Vereinigung in der Gegend des Kernzentrums in einer Chromatinmasse, welche den Nukleolus umschließt. Dieser letztere repräsentiert den hervorstechendsten Teil des ganzen Kerns; er ist meist vollkommen rund und von einer Größe, wie ihn mit Ausnahme der Eizelle wohl keine andere Zelle des tierischen Körpers zeigt. Der Kern der Nervenzelle ist anderen Zellkernen gegenüber durch seinen Gehalt an einem mit sauren Farbstoffen sich färbenden Chromatin ausgezeichnet.

Es ist dies schon im allgemeinen Teile uns bekannt gewordene Oxychromatin. Basichromatin findet sich im Nervenzellenkern nur in ganz verschwindender Menge. Der Nukleolus besteht, wie wir früher gesehen haben, gewöhnlich aus dem oxyphilen Pyrenin, auch hier in der Nervenzelle ist er meist vollkommen oxyphil, so daß der ganze Kern bei Färbung in Farbgemischen nur in einer Farbe gefärbt erscheint (Fig. 88), doch zeigt andererseits der Nukleolus manche Übereinstimmung mit dem Chromatin, so daß er hier wohl eine Mittelstellung einnehmen dürfte.

2. Der Körper der Nervenzelle.

Hier wären zunächst einige Angaben über Form und Größe der Nervenzelle am Platz. Die Nervenzellen haben eine sehr verschiedene Größe: bei Säugetieren von einem Durchmesser von 4—135 μ überschreiten sie bei Fischen und Wirbellosen manchmal sogar 200 μ. Ihre Form ist in hohem Grade abhängig von der Zahl der Fortsätze und der Art und Weise wie die Fortsätze den Zellkörper verlassen. Zellen mit einem Fortsatz sind meist rund oder birnförmig. Gehen von der Zelle zwei Fortsätze aus, so tritt gewöhnlich eine polare Anordnung ein und der Zellkörper wird mehr in die Länge gezogen, ja das kann so weit gehen, daß der Zellkörper nichts weiter als eine leichte Verdickung im Verlauf der Nervenfaser darstellt (Fig. 94a).

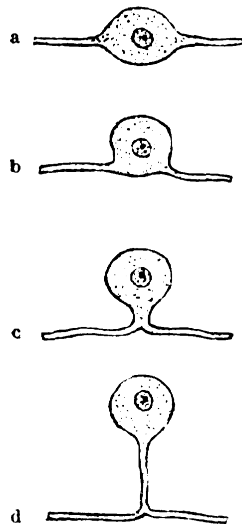


Fig. 94. Halbschematische Darstellung der Übergangsformen von bipolaren zu unipolaren Nervenzellen (type en T).

Wir können die Nervenzellen nach der Zahl ihrer Fortsätze einteilen in unipolare, bipolare und multipolare Zellen.

Bei der unipolaren Zelle (Fig. 91) haben wir einen kugel- oder birnförmigen Zellkörper, aus dem ein einziger, meist verhältnismäßig dicker Fortsatz entspringt. Solche Zellen finden wir als Ursprungszellen der Fasern der Radix descendens n. trigemini und in der Netzhaut. Auch die Zellen der Kopfganglien und die Spinalganglienzellen der Säugetiere und des Menschen stellen solche unipolare Zellen dar, doch handelt es sich hier nur um eine scheinbare Unipolarität. Es teilt sich nämlich der von der Zelle ausgehende Fortsatz nach kurzem Verlauf T-förmig und läßt zwei Nervenfasern aus sich entstehen, von denen die eine ins Rückenmark eintritt, die andere zur Peripherie des Körpers geht. Funktionell kommt aber die letztere von dort her, leitet Reize zur Zelle hin, d. h. zellulipetal, stellt also einen Dendriten dar. Die andere dagegen leitet zellulifugal und

bildet den eigentlichen Neuriten. Wir haben hier demnach Neurit und Dendrit eine kurze Strecke vereinigt. Das ist bei diesen Zellen nicht immer so. Im Embryonalleben sind sie lange Zeit hindurch bipolar. Mit fortschreitender Entwicklung nähern sich jedoch die beiden Fortsätze und verschmelzen miteinander zu einem einzigen (Fig. 94).

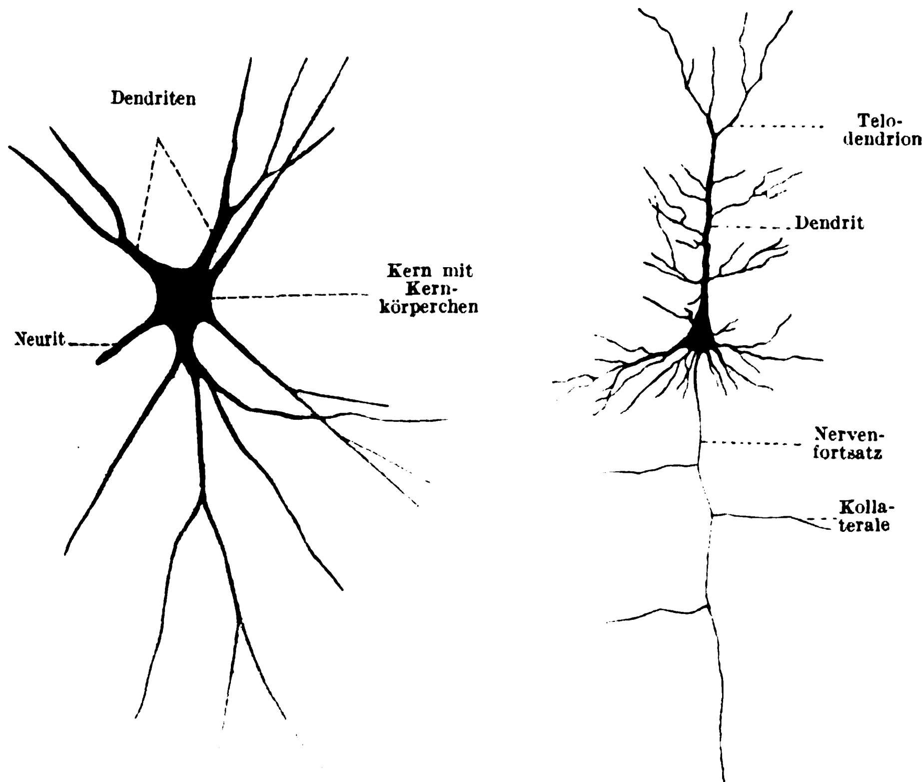


Fig. 95. Fig. 96.

Fig. 95. Multipolare Nervenzelle aus dem verlängerten Mark des Kaninchens. Nervenfortsatz (Neurit) abgerissen.
Ca. 150mal vergrößert.

Fig. 96. Pyramidenzelle aus der Großhirnrinde des erwachsenen Menschen (nach einem Präparat von Dr. A. Bochenek).
Ca. 150mal vergrößert.

Bipolare Nervenzellen. Der rundliche, ovale oder spindelige Zellkörper geht jederseits in einen eine Nervenfaser bildenden Fortsatz über. Solche Zellen finden wir beim Menschen und den höheren Wirbeltieren im Ganglion spirale (Fig. 90) und im Ganglion vestibulare des N. acusticus; bei den Fischen setzen sich aus ihnen auch die Spinalganglien zusammen.

Multipolare Nervenzellen. Sie bilden bei dem Menschen die große Masse aller Nervenzellen der Zentralorgane und die Zellen der

peripheren sympathischen Ganglien. Die multipolare Nervenzelle schickt zahlreiche Fortsätze aus, von denen immer einer zellulifugal leitet und den Neuriten bildet. Alle übrigen sind Dendriten (Fig. 92, 93, 95, 96). Die Form solcher multipolarer Zellen ist außerordentlich verschieden. Bald sind sie groß, polygonal und die Fortsätze erheben sich allmählich aus dem Körper (Fig. 92, 95), bald sind sie klein, kugelig und die Fortsätze treten scharf abgesetzt hervor (Fig. 105). Der Zellkörper kann stark in die Länge gezogen sein (Fig. 93), ja, er kann auch hier völlig spindelig werden. Bei gewissen Zellen der Großhirnrinde ist der Zellkörper exquisit pyramidenförmig (Fig. 96), bei den mächtigen Purkinjeschen Zellen der Kleinhirnrinde dagegen kugelig oder birnförmig (Fig. 97).

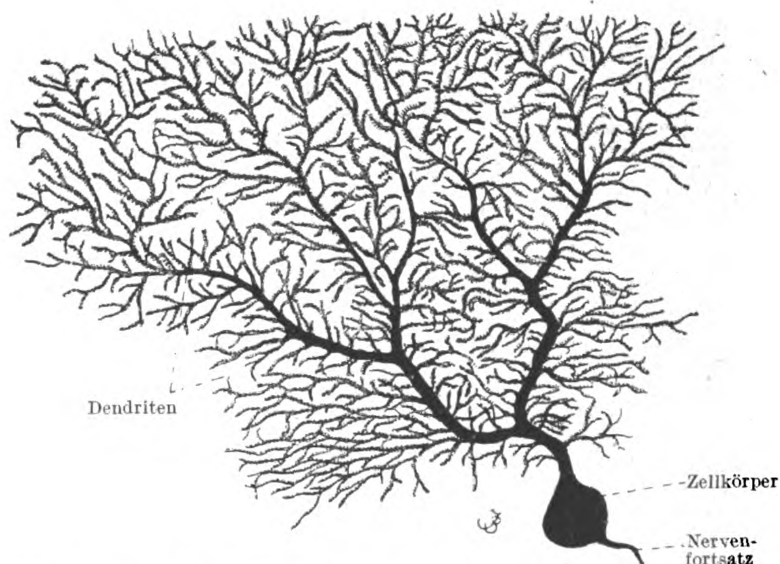


Fig. 97. **Purkinjesche** Zelle aus der menschlichen Kleinhirnrinde. Ca. 225mal vergrößert.

Das Zytoplasma der Nervenzelle enthält schon im Leben Körnchen, deren Größe und Dichtigkeit von der Tierart und dem Alter abhängig sind. Diese Körnchen entsprechen jedoch nicht den gleich zu behandelnden Nisslkörpern, die erst an entsprechend fixiertem Materiale sichtbar werden.

Das Nervenzellenzytoplasma zeigt im übrigen im fixierten Zustand eine Alveolar- oder Wabenstruktur.

Färbt man gut konservierte Nervenzellen mit Hämatoxylin oder mit basischen Teerfarbstoffen, so zeigen der Zellkörper sowie die aus ihm entspringenden Dendriten ein exquisit scheckiges Aussehen. Dies rührt von eigenartigen Einlagerungen in den Zellkörper her, die, zuerst von Flemming gesehen und beschrieben, vor allem aber

später durch die Untersuchungen von Nissl in den Vordergrund des Interesses gerückt und als Nisslsche Granula, Nisslschollen, Tigroid oder basophile Körper bezeichnet worden sind. Diese basophilen Körper finden sich mit wenigen Ausnahmen (Körnerzellen der Kleinhirnrinde, Bipolaren der Retina) in allen Nervenzellen, jedoch in sehr verschiedener Form, Menge und Verteilung, die von der Zellenart und dem Funktionszustand der Zelle abhängen. Das Tigroid tritt entweder in Form von äußerst feinen Körnchen auf oder in Form von unregelmäßigen Spindeln, Stäbchen oder vieleckigen Brocken und Schollen. Am reichlichsten erscheint es in Zellen mit langem Neuriten. So enthalten es die multipolaren motorischen Zellen des Rückenmarks in Form von ziemlich groben, länglich polygonalen

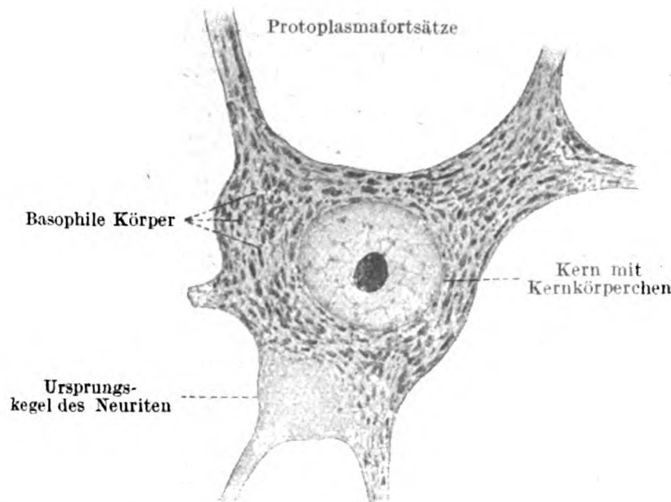


Fig. 98. Nervenzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarkes eines Kalbes.
Die basophilen Körper sind mit Methylenblau (Methode von Nissl) gefärbt. Ca. 950mal vergrößert.

Schollen, die dicht zusammenliegen und dem Zellkörper ein charakteristisches, getigertes Aussehen verleihen (Fig. 98). Bei stärkster Vergrößerung erweisen sich diese Schollen wieder aus feinen Granulis zusammengesetzt und in eine Grundsubstanz eingebettet. In bezug auf die später zu beschreibenden Neurofibrillen sind die basophilen Körper interfibrillär angeordnet. Sie durchsetzen den ganzen Zellkörper und treten auch weit in die Dendriten hinein. Der Neurit ist, ebenso wie seine Ursprungsstelle aus dem Zellkörper, frei von basophilen Körpern. In den Spinalganglienzellen sind sie meist feiner als in den motorischen Zellen, so daß die Zelle oft wie fein bestäubt aussieht (Fig. 88). In den sympathischen Zellen häufen sich gröbere Schollen in der Zellperipherie zu einem dichten Kranze an, während der übrige Zellkörper nur feine Körnchen enthält (Fig. 89).

Die basophilen Körper zeigen eine große Verwandtschaft zu basischen Farbstoffen, wie Methylenblau, Thionin, Methylviolett etc., doch sind sie nicht in so strengem Sinne basophil, wie etwa das Chromatin der Kerne in den meisten Körperzellen.

Was nun die chemischen Eigenschaften der Nisslschollen anbelangt, so besitzt nach Held die Tigroidsubstanz alle Eigenschaften eines Nukleoproteids, nach Scott und Erhard verhält sie sich auch in mikrochemischer Hinsicht (Pepsin- und Trypsinverdauung) genau so wie das Kernchromatin. Nach Mühlmanns Ansicht unterscheidet sich jedoch das in den Nisslkörpern enthaltene Nuklein wesentlich von jenem der Kerne, und zwar durch die Beimischung eines Eiweißkörpers. Van Herwerden läßt die Substanz der Nisslschollen sich aus Nukleinsäureverbindungen aufbauen, nach Unna und Gans sollen dagegen die Nisslkörper nukleinfrei sein und aus Albumose bestehen.

In der lebendfrischen Nervenzelle sind die Nisslkörper nicht zu erkennen. Sie werden wahrscheinlich erst beim Absterben der Zelle oder bei der Behandlung der letzteren mit eiweißfällenden Reagenzien aus kolloidalen, im Zytoplasma enthaltenen Körnchen ausgefällt (Held, Collin). Obwohl die Anschauungen über die Natur der Nisslschollen noch geteilt sind, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß sie im Leben der Nervenzellen eine ganz wesentliche Rolle spielen. Gewisse Autoren fassen das Tigroid direkt als ein vom Kern ausgeschiedenes Chromatin auf (Goldschmidt), andere als ein Differenzierungsprodukt des Protoplasmas, wiederum andere als Vorratsstoff von rein nutritivem Charakter (van Gehuchten). Wahrscheinlich handelt es sich jedoch um Eiweißkörper, welche ihre Entstehung dem Stoffwechsel der Nervenzelle verdanken, um Körper, welche bei Ermüdung, unzureichender Ernährung der Zelle, bei Vergiftung durch Alkaloide, bei Außerfunktionsetzung der Zelle, z. B. nach Nervendurchschneidung, sowie bei anderen pathologischen Zuständen zerfallen (Tigrolyse) und nicht weiter gebildet werden. Untersuchungen der letzten Jahre haben erwiesen, daß die Tigroidsubstanz in genetischer Verwandtschaft zu dem Kern steht (Holmgren, Sjövall, Scott), weshalb M. Heidenhain das Tigroid als Zytochromatin anspricht und annimmt, das Tigroid sei bei dem relativ geringen Volumen des Kerns eventuell bestimmt, die Masse desselben zu substituieren und die Tätigkeit des Kerns zu ergänzen. In Einklang mit dieser Annahme steht die Beobachtung, daß die Menge der Tigroidsubstanz und das Volumen des Kernchromatins in umgekehrtem Verhältnis stehen. Ebenso spricht für sie die Tatsache, daß Zellen mit kleinen Kernen reichliche Nisslsubstanz, solche mit großen Kernen spärliches Tigroid aufweisen (Erhard).

Neben den Nisslschen Körperchen lassen sich mittelst spezieller Methoden im Zytoplasma der Nervenzellen Mitochondrien nach-

weisen (Busacca, Luna, Schirokogoroff). Sie erscheinen meist in Form kleiner Körner oder Stäbchen, die oft reihenweise in den Zwischenräumen zwischen den Nisslschollen gelegen sind, seltener in Form von Fädchen. In welchem Verhältnis sie zu den in der Nervenzelle enthaltenen Neurofibrillen stehen, ist zur Zeit noch nicht definitiv aufgeklärt. Oft sind sie regelmäßig der Länge nach dem Verlaufe der Nervenfibrillen entsprechend angeordnet. Im allgemeinen liegen sie dichter in einer den Kern umgebenden Schicht und treten nach der Peripherie der Zellen zu immer spärlicher auf. Am leichtesten sind die Mitochondrien in den Zellen des Rückenmarks, der Medulla oblongata und in den Purkinjeschen Zellen nachzuweisen. In den Zellen der Spinalganglien sind sie sehr zart und klein und in den Hirnzellen nur sehr spärlich vertreten.

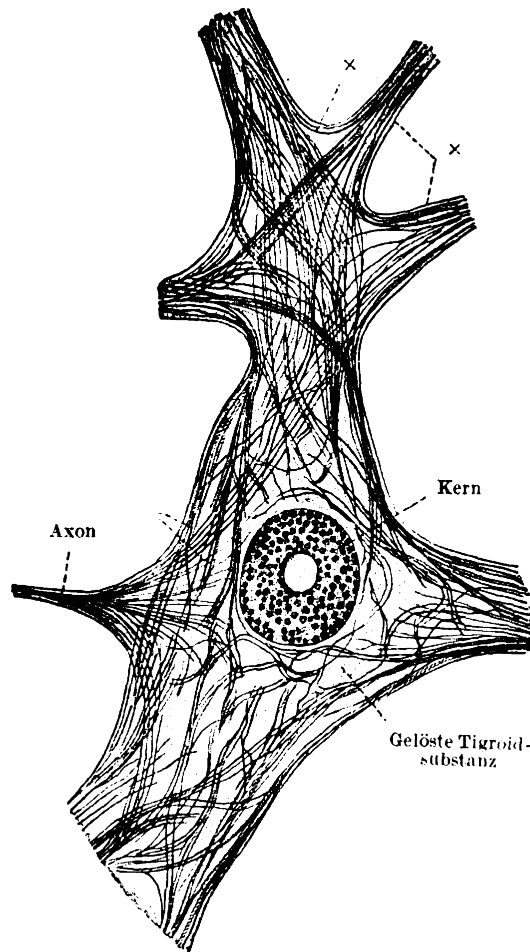


Fig. 99. Vorderhornzelle des Menschen. Fibrillenfärbung.

× Oberflächliche Fibrillenbündel von einem Dendriten in den anderen übertretend. Nach Bethe aus Heidenhain.

Als häufigen Einschluß enthält der Leib der Nervenzellen ferner Pigment in Form von feinsten gelbbraunen Körnchen, entweder in dem ganzen Leib der Zelle zerstreut oder in einem oder zwei Haufen konzentriert. Es handelt sich meistens um Körper fettiger Natur — Lipochrome. Das Pigment kann in manchen Zellen so stark auftreten, daß dadurch eine makroskopisch schon erkennbare Färbung der von den betreffenden Zellen okkupierten Stellen eintritt (Locus coeruleus am Boden des IV. Ventrikels, Substantia nigra im Hirnschenkel). Einen weiteren normalen, in reichlicher Menge vorhandenen Bestandteil der Nervenzellen bilden lipoide Substanzen, deren Vorhandensein schon oben erwähnt wurde (Lipochrome). Es sind dies überwiegend

isotrope Substanzen mit der mikrochemischen Reaktion der Fettsäuren (Rachmanow). Sie erscheinen in Form von äußerst kleinen Körnchen im Protoplasma des ganzen Zellkörpers gleichmäßig zerstreut

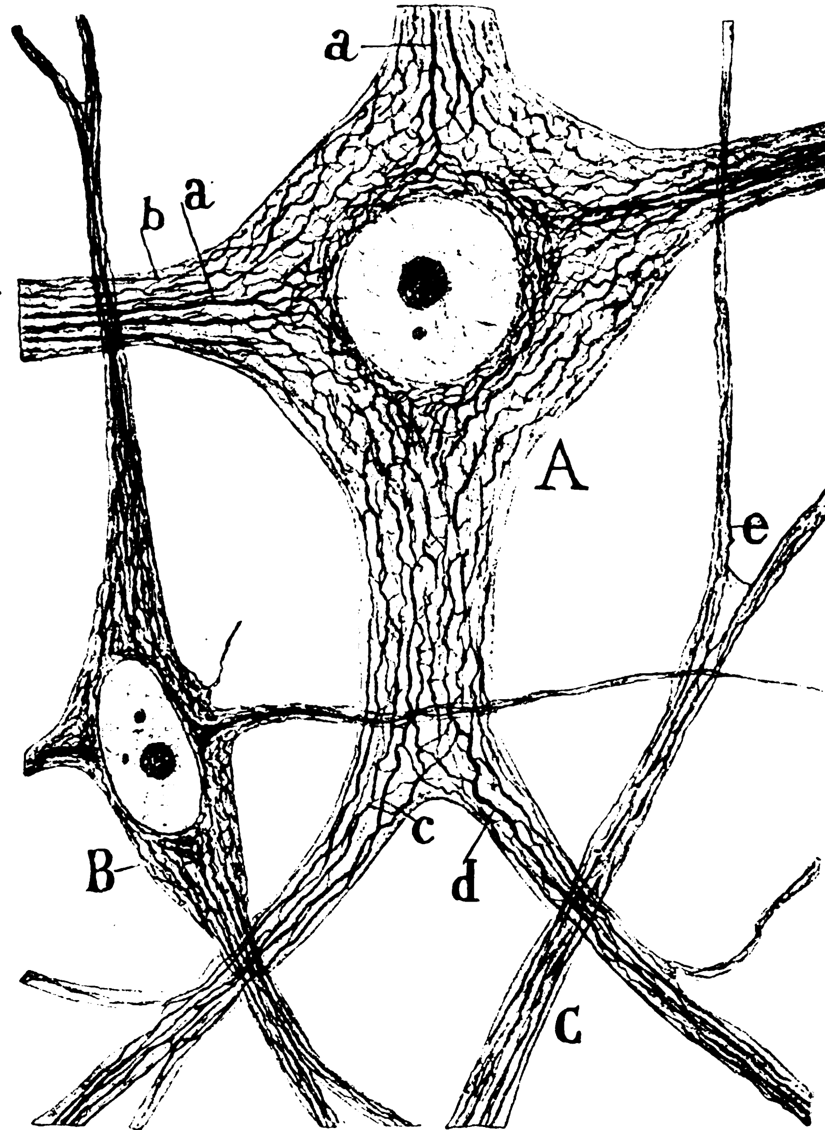


Fig. 100. Nervenzellen (Strangzellen) eines jungen Kaninchens. Silbermethode.

A große, B kleine Nervenzelle, C Dendrit. a dicke Fibrillen, welche unter Teilung in das perinukleäre Netz übergehen; b oberflächliche feinere Fibrillen, welche mit dem kortikalen Netz des Zelleibes zusammenhängen; c und d dicke Fibrillen, welche unter Teilung miteinander anastomosieren; e Verteilung der Neurofibrillen auf zwei Gabeläste des Dendriten. Nach Ramón y Cayal, aus Schiefferdecker, Neurone.

oder auch in Form von etwas größeren Körnchen, Stäbchen und Fädchen. Luna stellt die Lipoidkörnchen zu den Mitochondrien in enge Beziehung. Sowohl die lipoide Körnelung der Nervenzelle, wie

auch die Pigmentbildung nimmt mit fortschreitendem Alter zu; dies legt den Gedanken nahe, daß man es hier mit regressiven Erscheinungen zu tun hat, deren Auftreten sich in einer Verminderung der Leistungsfähigkeit der Nervenzellen manifestiert. Auch Kristalle von eiweißartigen Körpern hat man in der Nervenzelle gefunden (Cesa-Bianchi), und zwar bei manchen Tieren während des Winterschlafes; sie scheinen einen Reservestoff zu enthalten.

Den wichtigsten Bestandteil der Nervenzellkörper bilden aber die Neurofibrillen. Schon seit langem bekannt (Max Schultze), sind

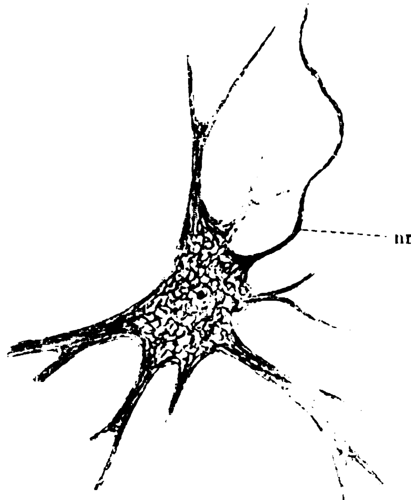


Fig. 101.



Fig. 102.

Fig. 101. Vorderhornzelle aus dem Rückenmark des Kaninchens mit Fibrillen. Nach der Bielschowsky-Methode dargestellt.
nr = Neurit. Ca. 600mal vergrößert.

Fig. 102. Pyramidenzelle aus der Großhirnrinde des Kaninchens mit Fibrillen. Nach der Bielschowsky-Methode behandelt.
nr = Neurit. Ca. 600mal vergrößert.

sie eine Zeitlang gegenüber den basophilen Körpern ganz in den Hintergrund getreten. Ja, man hat sogar ihre Existenz zeitweise ganz geleugnet, da sie in der lebenden Nervenzelle nicht zu sehen sind. Heute ist dieselbe durch die Arbeiten von Apáthy, Bethe, Ramón y Cajal und anderen absolut sichergestellt, wenn auch über die Anordnung der Neurofibrillen und ihr gegenseitiges Verhalten noch keine Einigung erzielt worden ist. Hauptsächlich handelt es sich darum, ob die Fibrillen innerhalb des Zellkörpers Netze bilden (Ramón y Cajal, M. Heidenhain) oder ungeteilt denselben durchziehen (Bethe, Held, Apáthy). Die Fig. 99 nach Bethe und 100

nach Ramón y Cajal mögen diese beiden gegenteiligen Ansichten illustrieren. Netze scheinen unzweifelhaft vorzukommen, aber nicht bei allen Nervenzellen. Fig. 101 stellt eine motorische Vorderhornzelle dar. Man sieht hier die Fibrillen aus den Dendriten heraus in den Zellkörper treten. Deutlich kann man dabei im Innern des Zellkörpers Fibrillenzüge erkennen, welche aus einem Dendriten in einen anderen übergehen. Außerdem lösen sich aber zahlreiche Fibrillen in ein grobes Netzwerk auf, welches in den oberflächlichen Schichten des Zellkörpers gelegen ist. Aus diesem Netzwerk strahlen Fibrillen in großer Zahl in den Neuriten (Fig. 101 nr) ein, der im übrigen aber auch direkt Fibrillen aus den Dendriten aufnimmt. Konstanterweise finden sich kleine Fibrillennetze an den Gabelungsstellen der Dendriten. Ganz ähnliche Verhältnisse bietet uns die in Fig. 102 dargestellte Pyramidenzelle der Großhirnrinde in bezug auf den inneren Fibrillenverlauf. Ein peripheres Fibrillennetzwerk ließ sich hier jedoch nicht nachweisen. In den sympathischen Zellen (Fig. 103) scheinen ebenfalls echte Netzbildungen nicht vorzukommen. Hier bilden die Fibrillen einmal eine ziemlich dichte Mantelschicht, von welcher zahlreiche Fibrillen abschwenken, um in geschlängeltem Verlauf gegen den Kern hinzuziehen, wo sie, wie man an den zahlreichen Querschnitten erkennen kann, ziemlich scharf umbiegen. Sie durchkreuzen und durchflechten sich vielfach, ohne sich jedoch zu Netzen miteinander zu verbinden.

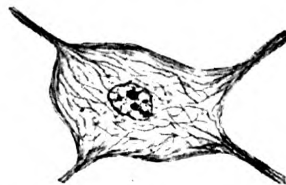


Fig. 103. Zelle aus dem Ganglion cervicale inferius der Katze mit Fibrillen. Nach der Bielschowsky-Methode behandelt.

Ca. 600mal vergrößert.

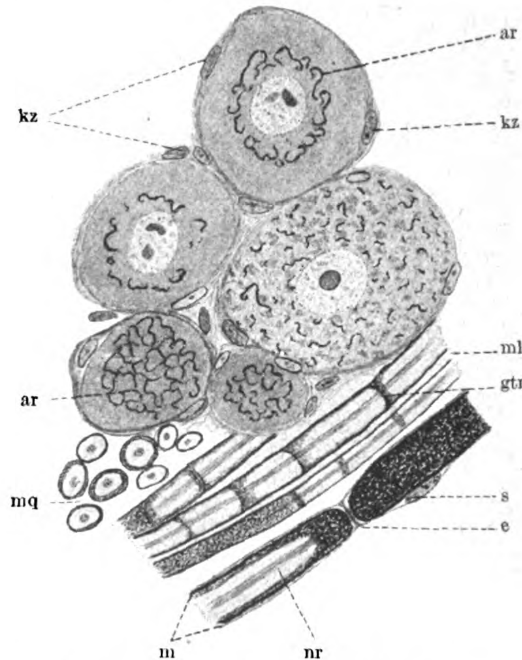


Fig. 104. Spinalganglien des Kaninchens mit Osmiumtetroxyd behandelt.

ar apparato reticolare; kz Kapselzellen; ml markhaltige Fasern längs getroffen mit Ranvierscher Einschnürung (e), Markscheide (m), Golgitrichtern (gtr), Schwannscher Scheide (s); Achsenzylinder (nr); mq markhaltige Fasern, quergeschnitten. Ca. 900mal vergrößert.

Außer den oben beschriebenen Bildungen sind nun im Körper der Nervenzelle noch eine ganze Reihe anderer Bestandteile beschrieben worden, von denen zunächst die Zentralkörper erwähnt sein mögen. Solche Zentralkörper sind meist in der Zweizahl, dicht am Kern gelegen, von mehreren Forschern (Schaffer, von Lenhossék, Dehler, Bühler und anderen) bei den verschiedensten Tieren gefunden worden. Neueren Untersuchungen zufolge (Cesa-Bianchi) kommen Zentralkörper nur in embryonalen oder jugendlichen Nervenzellen vor, in der erwachsenen Nervenzelle dagegen lassen sie sich nicht mehr nachweisen.

Camillo Golgi, der verdienstvolle Forscher auf dem Gebiete des Nervensystems, beschrieb zuerst in den Nervenzellen eigenartige Netzbildungen, die er als apparato reticolare interno bezeichnete (Fig. 104). Spätere Untersuchungen über dieses Binnennetz, wie man es auch genannt hat, haben gezeigt, daß es sich hier nicht um eine charakteristische Bildung der Nervenzellen handelt, sondern daß solche Binnennetze in allen anderen Zellarten vorkommen und einen konstanten Bestandteil aller Zellen bilden (siehe Seite 22 und Tafel II).

Schließlich sei noch jener kanalartigen Bildungen gedacht, die Holmgren im Körper der Nervenzelle unter dem Namen des Trophospongiums beschrieben hat. Es sind dies helle Züge im Zellkörper, wie sie auch unsere Fig. 88 (k) zeigt. Sie sollen nach Holmgren Spalten, Saftkanälchen im Zellkörper darstellen, die sich an der Zellperipherie öffnen, und in die von außen her Fortsätze der Zellkapsel eindringen. Spätere Forschungen ergaben, daß die von Holmgren beschriebenen Trophospongien in zwei Gruppen zu trennen sind, da sie zwei ganz heterogenen Bildungen entsprechen. Die einen von ihnen verdanken ihre Entstehung dem Einwuchern der Ausläufer des Hüllgewebes in den Leib der Nervenzelle (Fig. 88) und erscheinen stärker ausgebildet, vor allem bei niederen Tieren, die anderen dagegen stellen uns den Golgischen Netzapparat oder sein Negativ dar, welcher durch die angewandten Reagenzien ausgelaugt wurde (siehe S. 24).

3a. Die Dendriten der Nervenzellen.

Die Dendriten oder Protoplasmafortsätze entwickeln sich, wie wir gesehen haben, später als der Neurit. Sie können ausnahmsweise ganz fehlen, sind jedoch bei den meisten Nervenzellen in der Mehrzahl vorhanden und erheben sich meist mit breiter Basis aus dem Zellkörper, um sich unter fortgesetzter Teilung immer mehr zu verjüngen. Es können so außerordentlich weitläufige, baumförmige Bildungen entstehen (Fig. 97), wie wir sie vor allem in den Purkinjeschen Zellen des Kleinhirns und den Ganglienzellen der Retina finden. Die von Camillo Golgi ausgearbeitete Methode der

Chromsilberimprägnation, meist kurz als Golgimethode bezeichnet, hat uns erst eine Vorstellung von der weiten Verzweigung dieser Gebilde gegeben. In solchen Golgipräparaten erscheinen die Dendriten immer wie bereift, wie mit kleinen Knötchen und Wärzchen besetzt (Fig. 97). Man hat früher auf diese Erscheinung einen großen Wert gelegt. Jetzt wissen wir, daß diese Knötchen Kunstprodukte darstellen, entstanden durch Silberniederschlag. Die Dendriten sind in Wirklichkeit glatt und laufen schließlich in allerfeinste Fäden aus.

Die Dendriten bestehen der Hauptsache nach aus parallel verlaufenden Neurofibrillen, eingebettet in eine homogene Grundsubstanz. Da, wo der Dendrit den Zellkörper verläßt, und auch noch ein Stückchen

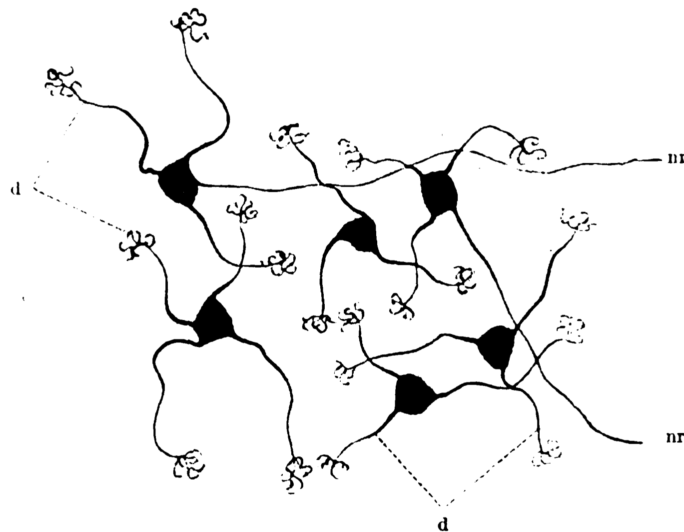


Fig. 105. Körnerzellen aus der Kleinhirnrinde einer jungen Katze. Golgimethode. d = Dendriten mit krallenförmigen Telodendrien; nr = Neurit. Ca. 600mal vergrößert.

weiter, sind in seine Substanz Nisslkörper eingelagert, meist in spindliger Form. Sie verlieren sich jedoch bald (Fig. 98).

Die Dendriten können ebenso wie der Neurit an ihren Enden besondere Einrichtungen aufweisen, die sie befähigen, mit anderen Zellen in eine enge Verbindung zu treten; ein Beispiel einer solchen Einrichtung zeigt uns Fig. 105 bei gewissen Zellen des Kleinhirns. Hier spaltet sich der Dendrit in mehrere kurze krallenförmige Endverzweigungen, sog. Telodendrien, mit denen er den Körper einer anderen Zelle umfaßt. Ähnliche Bildungen treffen wir noch an vielen anderen Orten.

Die Anschauung, daß die Dendriten reizleitende Organe sind, steht in vollkommenem Einklang mit ihrem Bau und wird wohl auch heute von der Mehrzahl aller Forscher geteilt. Golgi dagegen sieht

in ihnen nutritive Organe; sie sollen mit den Blutgefäßen in Verbindung treten und so für die Ernährung der Zellen sorgen.

3b. Der Neurit der Nervenzellen.

Der Neurit, Achsenzylinderfortsatz, Nervenfortsatz, ist immer nur in der Einzahl vorhanden. Er entspringt meist aus einem kurzen Ursprungskegel (Fig. 98), einer körnerfreien Stelle des Zellkörpers, verjüngt sich bald sehr stark, um dann wieder zu einer ganz gleichbleibenden Dicke anzuschwellen (Fig. 92). Dabei umgibt er sich meist mit einer Markscheide und wird dadurch zum Achsenzylinder einer markhaltigen Nervenfaser, die entweder im Zentralorgan weiterläuft und endigt oder aus ihm als periphere Nervenfaser austritt.

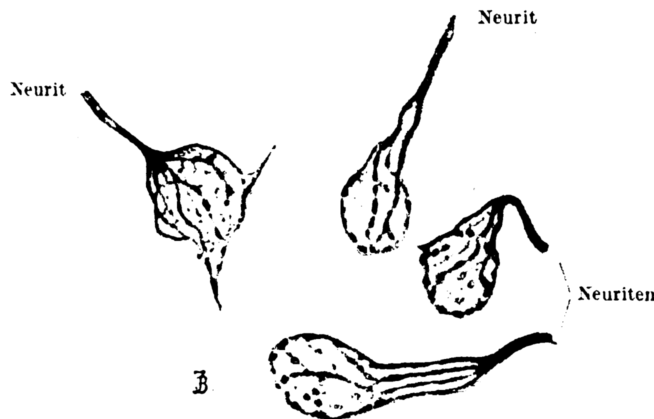


Fig. 106. Endapparate der Neuriten aus dem Trapezkern des Kaninchens.
Die Körbe umspinnen die Zellkörper; im linken Korbe erstrecken sich die Verlängerungen der Teiläste auf die Dendriten (nach einem Methylenblaupräparate, Methode S. Meyer).
Ca. 700mal vergrößert.

Auf diesem Wege zeigt der Neurit ein von Golgi entdecktes außerordentliches wichtiges Verhalten, er gibt nämlich zahlreiche Seitenäste, Kollateralen ab, welche in Endverästelungen, sog. Telodendrien, an benachbarten Zellen auslaufen (Fig. 92, 96).

Der Neurit besteht ebenso wie die Dendriten aus dicht nebeneinander verlaufenden, in eine homogene Grundsubstanz eingebetteten Fibrillen. Ob die Neurofibrillen des Neuriten getrennt nebeneinander verlaufen (Max Schultze, Bethe, Apáthy) oder ob zwischen den Fibrillen Anastomosen vorhanden sind, welche dieselben zu langmaschigen Netzen verbinden (Retzius, Schiefferdecker), ist eine noch keineswegs entschiedene Streitfrage.

Der Neurit löst sich ebenso wie seine Kollateralen schließlich in Telodendrien auf, er kann aber auch an seinem Ende, ähnlich wie der Dendrit, Einrichtungen zur engeren Verbindung mit anderen Zellen tragen. So zeigt z. B. Fig. 106, wie die Trapezfasern sich in

mehrere Äste spalten, welche mit ihren Endverzweigungen krallenartig die Zellen des Nucleus trapezoides umspannen.

Wenn es auch als allgemeine Regel gelten darf, daß der Neurit zu einer selbständigen Nervenfaser wird, so gibt es von dieser Regel doch auch Ausnahmen. So hat Golgi im Gehirn und Rückenmark Zellen nachgewiesen, die neben zahlreichen Dendriten einen einfachen Neuriten besitzen. Dieser Neurit löst sich aber schon sehr bald nach seinem Abgang vom Zellkörper in zahlreiche feinste Fäserchen auf, die sich spurlos in der grauen Substanz des Zentralorgans verlieren. Man bezeichnet solche Zellen als Zellen vom II. Golgischen Typus. Im Gegensatz zu ihnen bezeichnet man alle diejenigen Nervenzellen, bei denen der Neurit zu einer selbständigen Nervenfaser wird und als solche größere Strecken zurücklegt, als Zellen vom I. Golgischen oder vom Deitersschen Typus.

II. Die Nervenfaser.

Die Nervenfaser stellt, wie wir gesehen haben, entweder den von der Peripherie zu einer Zelle der Zerebrospinalganglien hinlaufenden Dendriten, sensible Nervenfaser, oder den von einer motorischen Zelle des Gehirns oder des Rückenmarks zum Muskel gehenden Neuriten, motorische Nervenfaser, oder endlich einen innerhalb des Zentralorgans, in der weißen oder auch grauen Substanz verlaufenden Neuriten dar. Jede solche ursprünglich nur aus dem Nervenfortsatz, dem sog. Achsenzylinder, bestehende Nervenfaser kann nun auf ihrem Wege entweder nackt bleiben oder sich mit verschiedenen Hüllen umgeben, von denen wir der Hauptsache nach zwei unterscheiden: die Markscheide oder Myelinscheide und die Schwannsche Scheide. Wir unterscheiden danach:

1. Nackte Achsenzylinder,
2. Achsenzylinder mit einer Markscheide umgeben,
3. Achsenzylinder mit einer Schwannschen Scheide umgeben und
4. Achsenzylinder mit einer Markscheide und einer Schwannschen Scheide umgeben.

ad 1. Wenn sich auch meistens der Achsenzylinder bald nach seinem Abgang von der Zelle mit einer Markscheide umgibt, so haben wir bei solchen Nervenfasern innerhalb der grauen Substanz der Zentralorgane doch immer noch ein kurzes markloses Anfangsstück. Ebenso verliert auch die Nervenfaser kurz vor ihrer peripheren Endigung ihre Scheiden und wir können also auch von einem marklosen Endabschnitt sprechen. So finden wir nackte Achsenzylinder in der Haut, in den Endapparaten des Gehörgangs, in der Netzhaut, in den Muskeln und an vielen anderen Stellen. Von den Hirnnerven

besteht nur der erste, der Nervus olfactorius, aus hüllenlosen Nervenfortsätzen, die den Neuriten entsprechen. Bei den niedersten Wirbeltieren, dem Amphioxus und den Zyklostomen, sind alle zentralen Fasern nackte Achsenzylinder.

ad 2. Nervenfasern, welche nur aus Achsenzylinder und Markscheide bestehen, sind, abgesehen von den vorher erwähnten nackten Anfangsstücken, alle Fasern des Gehirns und Rückenmarks und des entwicklungsgeschichtlich ebenfalls dem Gehirn zuzurechnenden Sehnerven. Ihnen fehlt immer die Schwannsche Scheide.

ad 3. Neuriten, mit einer Schwannschen Scheide umgeben, setzen das sympathische Nervensystem zusammen. Sie finden sich also in den sympathischen Ganglien, in dem Grenzstrang und in allen peripherischen Zweigen des Nervus sympathicus. Wir bezeichnen sie deshalb auch kurz als sympathische Fasern, marklose oder graue Fasern, auch als Remaksche Fasern (Fig. 107). Beim Amphioxus und den Zyklostomen sind alle peripheren Fasern grau.

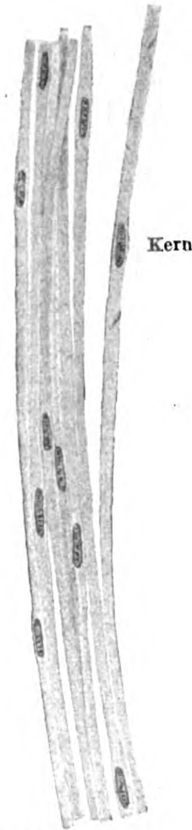


Fig. 107. Marklose (Remaksche) Fasern aus dem Halssympathikus des Kaninchens.
Ca. 300 mal vergrößert.

ad 4. Alle übrigen peripheren Nervenfasern, also die Fasern aller Hirn- und Rückenmarksnerven mit alleiniger Ausnahme der Fasern des Nervus olfactorius und des Nervus opticus sind außerhalb der Zentralorgane mit einer Markscheide und einer Schwannschen Scheide umgeben. Die Markscheide verleiht diesen Nerven ein helles, weißes Aussehen. Wir bezeichnen sie als markhaltige Fasern oder auch aus später zu erörternden Gründen als doppelt konturierte Nervenfasern (Fig. 108). Es sei übrigens schon hier hervorgehoben, daß einerseits alle Hirn- und Rückenmarksnerven neben diesen markhaltigen auch marklose Fasern, aber nur in geringerer Zahl enthalten, ebenso wie auch in den sympathischen Nerven vereinzelte Markfasern auftreten.

Wir wollen nun die einzelnen Teile der Nervenfaser etwas eingehender besprechen und mit dem wichtigsten Bestandteil, dem Achsenzylinder, beginnen.

1. Der Achsenzylinder (Fig. 111, 113 und 114) ist, wie wir gesehen haben, ein echter Zellausläufer; er stellt einen wohl meist drehrunden Strang dar, dessen Dicke ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, und kann von Bruchteilen eines Mikrons an bis zu 10 μ wachsen. Seinen wichtigsten Bestandteil bilden die

Neurofibrillen, feinste Fäserchen, die in kontinuierlichem Verlauf von der Nervenzelle durch die Nervenfaser bis zu ihrem peripheren Ende gelangen. Ob diese Neurofibrillen innerhalb des Achsenzylinders einfach parallel nebeneinander verlaufen (Apáthy, Bethe) oder ob sie innerhalb des letzteren langmaschige Netze bilden, ist mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen, doch sprechen neuere Untersuchungen sehr zugunsten der letzteren Auffassung (Retzius, Schiefferdecker, Lugaro). Die Neurofibrillen werden umgeben von einer Grund- oder Zwischensubstanz, die man als Neuroplasma, Achsoplasma oder Perifibrillärsubstanz bezeichnet hat und die außerordentlich wasserreich ist. Die Anwesenheit dieser wasserreichen Zwischensubstanz erklärt uns sowohl die erhebliche Schrumpfungsfähigkeit des Achsenzylinders bei Anwendung vieler Fixierungsmittel, als auch den raschen Eintritt postmortaler Veränderungen. Das Variköswerden der feinsten Nervenfäserchen beim Absterben hängt damit zusammen, daß die Zwischensubstanz oft längs der in ihr enthaltenen Neurofibrillen zu Tröpfchen zusammentritt.

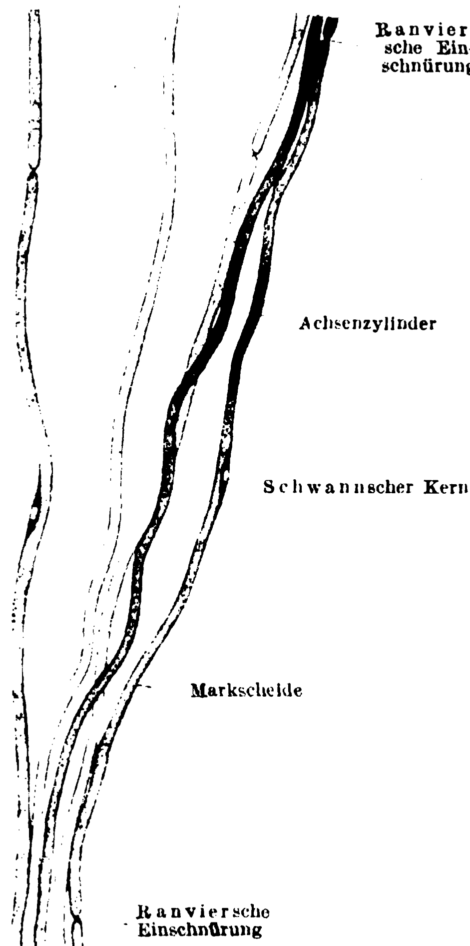


Fig. 108. Markhaltige Nervenfasern aus dem Nervus radialis des Menschen, mit Osmiumsäure behandelt.
Mittelstarke Vergrößerung.

Während nach der Ansicht der einen Forscher die Zwischensubstanz homogen ist (Kölliker, Bethe), weist sie nach der Ansicht anderer (Nansen, Bütschli, Held) einen wabigen Bau auf und es sollen dann die Neurofibrillen in den Wabenwänden verlaufen.

2. Die Markscheide. Bei der markhaltigen Nervenfaser wird der Achsenzylinder von einer gleichmäßig dicken, stark lichtbrechenden, intra vitam anscheinend homogenen Scheide, der Markscheide überzogen. Sie bildet also einen Hohlzylinder oder ein starkwandiges Rohr, dessen Lichtung von dem Achsenzylinder vollkommen

ausgefüllt wird (Fig. 108, 109, 114). Dieser Markscheide verdankt die markhaltige Faser ihren starken Glanz, ihre Doppelbrechung und ihr ganzes charakteristisches Aussehen.

Untersucht man die markhaltigen Fasern in Wasser, so quillt an den Schnittenden aus der Markscheide eine Substanz in Form von eigenartigen Tropfen und Knollen hervor, die wir als Myelin bezeichnen. Diese Erscheinung wird bedingt durch den Gehalt des Myelins an Glyzerophosphatiden. Ihnen verdankt auch der Markscheideninhalt seine Doppelbrechung. Das Myelin besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, Osmiumtetroxyd zu reduzieren, deshalb färben sich markhaltige Fasern nach kurzem Aufenthalt in Osmiumlösung zunächst braun und dann tiefschwarz.

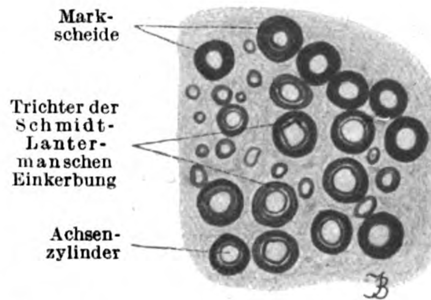


Fig. 109. Aus einem Querschnitt durch einen mit Osmiumsäure behandelten Nerven.

Ca. 350mal vergrößert.

Das Myelin ist kein einheitlicher chemischer Körper, sondern ein Gemenge, und zwar sind mit Sicherheit drei verschiedene Substanzen in ihm nachzuweisen: Protagon, Lezithin und Fett. Das Protagon ist ein in kleinen Nadeln kristallisierender Eiweißkörper, der sich durch seinen relativ hohen Phosphorgehalt auszeichnet. Er ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Äther. Das Lezithin kommt in weiter Verbreitung im tierischen und auch pflanzlichen Organismus vor; es ist ebenfalls phosphorhaltig, in Wasser unlöslich, dagegen in Alkohol



Fig. 110. Stück einer markhaltigen Nervenfaser aus dem Nervus ischiadicus des Frosches, Ranviersche Einschnürung (b) und Schmidt-Lantermansche Einkerbungen (a) zeigend, mit Osmiumsäure behandelt.

Ca. 370mal vergrößert.

und Äther löslich. Ob die Fette des Myelins präformiert sind oder ob sie sich erst bei der Zersetzung von Protagon und Lezithin bilden, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden.

Außer dem Myelin findet sich in der Markscheide noch ein anderer Körper, den sein Entdecker (Kühne) wegen seiner Ähnlichkeit mit dem Keratin der Hornsubstanzen (widersteht der Trypsinverdauung) als Neurokeratin bezeichnet hat.

Untersucht man markhaltige, auf längere Strecken isolierte Nervenfasern, so erkennt man an der im übrigen ganz glatten Faser von

Strecke zu Strecke Einschnürungen, die wir als Ranviersche Schnürringe bezeichnen. Die Faser verjüngt sich hier ganz unvermittelt, um sofort wieder die ursprüngliche Dicke anzunehmen (Fig. 110). Eingehendere Untersuchung belehrt uns, daß diese plötzliche Dickenabnahme daher rührt, daß an dieser Stelle die Markscheide fehlt, um dann jenseits wieder zu erscheinen. So zerfällt die Markscheide in zahlreiche hintereinander angeordnete, bei den verschiedenen Nervenfasern sehr verschieden lange Segmente. Je dicker die Faser,

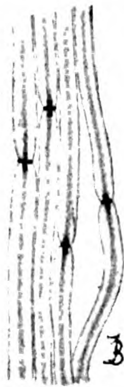


Fig. 111.

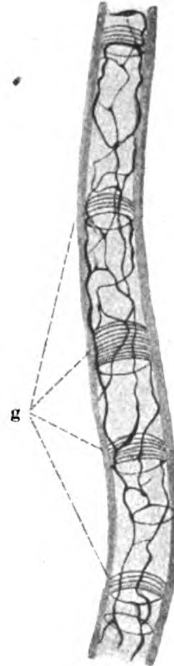


Fig. 112.

Fig. 111. Markhaltige Nervenfasern des Kaninchens mit Argentum nitricum behandelt und Ranviersche Kreuze zeigend.

Ca. 300mal vergrößert.

Fig. 112. Nervenfaser vom Sperling mit Netzapparat (Kopie nach Sala).

g = Golgitrichter.

um so länger die Segmente; so fanden Key und Retzius bei 2 μ dicken Nervenfasern 90 μ lange Segmente, bei 16 μ dicken Fasern aber 900 μ lange Segmente.

Behandelt man Nervenfasern mit 0,5%iger Höllensteinlösung und setzt sie dann dem Licht aus, so erscheint an der Stelle einer jeden Ranvierschen Einschnürung ein Gebilde von der Form eines lateinischen Kreuzes: ein die Dicke der Einschnürung durchdringender Querbalken wird durchkreuzt von einem in der Faserachse verlaufenden Längsbalken (Fig. 111). Der letztere zeigt nicht selten feine, querverlaufende Linien, die sog. Fromannschen Linien. Es

ist hier die Silberlösung zwischen den Enden der Marksegmente eingedrungen und hat den Achsenzylinder in Form des Längsbalkens gefärbt, außerdem aber hat sich eine ringförmige Scheibe gebräunt, welche zwischen die Enden der beiden Segmente eingeschoben ist, die sog. Zwischenscheibe. Sie erscheint von der Kante gesehen als kurzer Streifen und bildet den Querbalken des Kreuzes.

Untersucht man die Ranviersche Einschnürung mittelst subtilerer Methoden, so erkennt man, wie die Achsenzylinderfibrillen durch diese Zwischenscheibe hindurchtreten und durch sie in ihrer Lage fixiert werden. Das Marksegment endigt hier mit abgerundetem Rande.

An der ganz frischen Nervenfaser erscheint die Markscheide völlig glatt, sehr bald jedoch treten in ihrer Substanz feine, schräg zur Faserachse verlaufende Spalten auf, durch welche jedes Marksegment in eine größere Anzahl hintereinander gereihter und sich dachziegel-

Ranviersche Einschnürung.

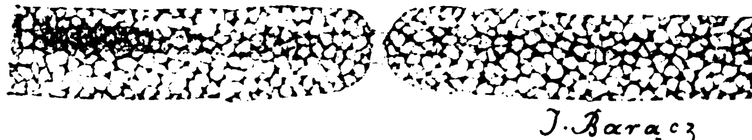


Fig. 113. Stück einer in Alcohol absol. gekochten markhaltigen Nervenfaser des Frosches.

In der Mitte ist der Achsenzylinder und rings um ihn das Neurokeratinnetz zu sehen. Ca. 650mal vergrößert.

förmig deckender Abschnitte zerlegt wird; es sind dies die zylindrokonischen Segmente, getrennt durch die Schmidt-Lantermannschen Einkerbungen (Fig. 110). Es setzt sich also jedes Marksegment wieder aus einer größeren Anzahl zylindrokonischer Segmente zusammen.

Golgi und seine Schüler haben nachgewiesen, daß innerhalb der Markscheide ein weitmaschiges Netzwerk von stützenden Fasern verläuft. Sie bilden an der Stelle, wo die Schmidt-Lantermannschen Einkerbungen liegen, Ringe, welche die Substanz der Markscheide ihrer ganzen Dicke nach durchsetzen (Fig. 112); diese Ringbildungen, welche gewöhnlich als Golgische Trichter bezeichnet werden, trennen also je zwei zylindrokonische Segmente voneinander.

Wenn man markhaltige Nervenfasern in Alkohol oder Äther kocht, so löst sich das Myelin und es bleibt dann ein bald feiner, bald gröber erscheinendes Netzwerk innerhalb der Markscheide zurück (Fig. 113), das, wie der Querschnitt der Faser zeigt, mit radiär gestellten Maschen die Substanz der Markscheide durchzieht, das Neurokeratingerüst von Ewald und Kühne. Wir dürfen es nicht als präexistierendes

Stützgerüst auffassen, sondern vielmehr als ein erst durch entsprechende Behandlung der Faser entstandenes, aus Eiweißkörpern (Neurokeratin von Kühne) bestehendes und aus der homogenen Markscheidensubstanz niedergeschlagenes Netzwerk (Stübel).



Fig. 114. Stück einer markhaltigen Nervenfaser aus dem N. radialis des Menschen mit Osmiumsäure behandelt.

Es sind Schwannsche und Henlesche Kerne zu sehen. Ca. 400mal vergrößert.

3. Die Schwannsche Scheide oder das Neurilemm kommt, wie gesagt, nur den peripheren Nervenfasern zu und stellt ein außerordentlich feines protoplasmatisches Häutchen dar, welches der Markscheide eng anliegt (Fig. 107, 114). Auf der Innenfläche trägt das Neurilemm Kerne, die von einer geringen Protoplasmamenge umgeben sind (Fig. 107, 114 und 115). Bei höheren Wirbeltieren entfällt immer auf jedes Marksegment ein Kern. Diese sog. Schwannschen Kerne scheinen neueren Untersuchungen gemäß eher der Markscheide anzugehören und sollten richtiger als Markscheidenkerne bezeichnet werden. Nach Nemiloff und Deinikow geben ihre Zellen Fortsätze ab, die sich innerhalb des betreffenden interannulären Marksegmentes verzweigen, indem sie die Substanz der Markscheide in ihrer ganzen Dicke durchdringen. So entsteht innerhalb der letzteren ein Protoplasmagerüst, das in der äußeren und inneren Schicht der Markscheide besonders dicht ist. In den Maschen dieses ganzen Protoplasmagerüstes ist Myelin enthalten. Nemiloff hält dieses Protoplasmagerüst für identisch mit dem Neurokeratinnetz, Nageotte stellt dagegen einen Zusammenhang des Neurokeratinnetzes mit dem Protoplasma der Schwannschen Zelle entschieden in Abrede.

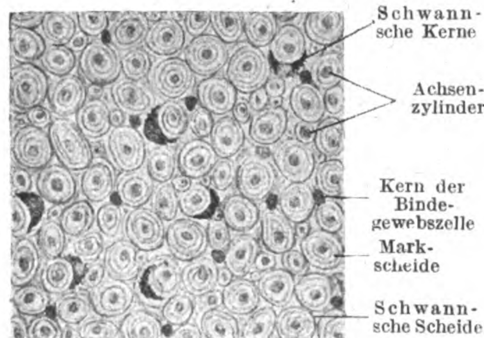


Fig. 115. Aus einem Querschnitte durch einen mit Müllerscher Flüssigkeit und Safranin behandelten Nervus medianus des Menschen.

Es sind mehrere Schwannsche Kerne zu sehen. Ca. 380mal vergrößert.

Viel umstritten ist das Verhalten des Neurilemms an der Stelle der Ranvierschen Einschnürung. Hier sieht man gewöhnlich das

Neurilemm am leichtesten, da es die eingeschnürte Stelle überbrückt. Dabei läßt sich beobachten, daß das Neurilemm immer mit der Zwischenscheibe verwachsen ist. Es wird an dieser Stelle nach Ranvier und Vignal das Neurilemm durch die Zwischenscheibe unterbrochen, so daß es eine ähnliche Segmentierung erfährt wie die Markscheide. Noch weiter gehen Boveri und Bethe. Nach ihren Untersuchungen biegt das Neurilemm am Ende des Marksegmentes um und geht in eine feine Membran über, die zwischen Achsenzylinder und Markscheide liegt (Innenscheide, Mauthnersche Scheide), so daß jedes Marksegment allseitig von einem Segment der Schwannschen Scheide umhüllt wäre (Fig. 116).

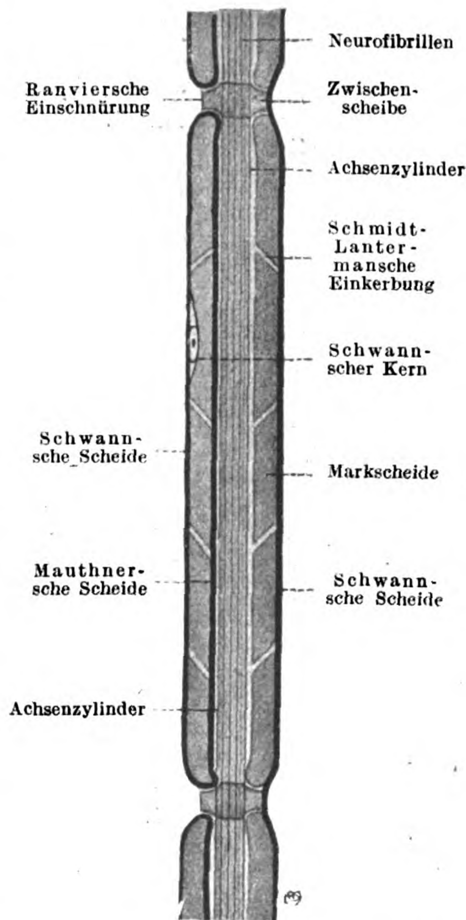


Fig. 116. Schema des Baues der markhaltigen Nervenfaser, welches zwei verschiedene Ansichten über das Verhalten der Mauthnerschen und Schwannschen Scheide veranschaulicht.
Vergleiche die rechte und linke Seite.

Sowohl im Achsenzylinder als auch in den Schwannschen Zellen und dem Protoplasma der Markscheiden sind Mitochondrien in Form von kleinen Körnchen und Fädchen festgestellt worden (Nageotte, Maccabruni).

Was die Bedeutung der einzelnen Teile der Nervenfaser anbelangt, so müssen wir zweifellos in dem Achsenzylinder den wichtigsten Bestandteil sehen. Er stellt das leitende Element dar, denn er ist mit Sicherheit als das einzige Element anzusprechen, welches vom Zellkörper durch die Faser hindurch ohne Unterbrechung zur Endstation führt. Nur in betreff der Frage, welchem der beiden im Achsenzylinder enthaltenen Bestandteile das Leitungsvermögen zugeschrieben werden soll, herrschen noch widersprechende Meinungen. Während die einen glauben, die Neurofibrillen allein seien dieser leitende Bestandteil (Bethe, Apáthy), sehen andere die Perifibrillärsubstanz als leitendes (Leydig, Nansen, Wolff), die Fibrillen aber nur als stützendes Element an. Viele Gründe, die wir hier nicht näher erörtern können, lassen die erstere Auffassung als die richtigere erscheinen.

Auch über die Aufgabe der Markscheide ist viel diskutiert worden. Das Nächstliegende wäre wohl, sie als Isoliermantel anzusehen. Dagegen spricht der Umstand, daß wir in marklosen Nerven doch auch eine isolierte Leitung haben. Man hat die Markscheide ferner als eine Art Schutzmantel aufgefaßt. Jedenfalls übt sie einen großen Einfluß auf die Erregbarkeit des Nerven aus. Dies beweist die

Tatsache, daß die Erregbarkeit der Nerven des Neugeborenen, die zunächst eine sehr geringe ist, mit der Entwicklung der Markscheide immer mehr zunimmt (Westphal, Bechterew, Held und Ambronn u. a.), und daß beim Erwachsenen in den schneller leitenden Nervenfasern die Markscheide dicker ist (Lapicque und Legendre).

Wohl kein anderes Gebiet der Histogenese ist auch heute noch so heiß umstritten wie die Entwicklung der Nervenfasern. Im wesentlichen stehen sich zwei Theorien schroff gegenüber, von denen wir die eine als die Auswachsungstheorie, die andere als die Kontinuitätstheorie bezeichnen können. Nach der von Kupffer und Bidder, His und Kölliker begründeten Auswachsungstheorie sprossen die Nervenfasern entweder aus den Zellen des Neuralrohrs oder aus den vom Neuralrohr abstammenden Zellen der Ganglienleiste hervor als nackte Achsenzylinder und suchen sich den Weg zu ihrem Endorgan, der Muskelplatte oder der Haut, wobei sie in den hier in Frage kommenden jungen Embryonalstadien ja keine allzu weiten Strecken zurückzulegen haben. Haben sie einmal ihre Endstätte gefunden, so wachsen sie mit der zunehmenden Entfernung der letzteren vom Zentralorgan kontinuierlich aus und machen alle Verschiebungen und Verlagerungen derselben im Laufe der Entwicklung mit. Wir haben es also anfangs mit nackten Achsenzylindern zu tun, die sich aber bald mit einer Scheide umgeben, indem sich vom Zentralorgan aus Zellen, die sog. Scheidenzellen oder Lemmoblasten an den jungen Fasern entlang schieben und um sie herum das Neurilemm bilden. Der Auswachsungstheorie huldigt heute wohl die Mehrzahl aller Histologen und sie hat in neuester Zeit eine wesentliche Stütze dadurch erhalten, daß es gelang, unter dem Mikroskop das Auswachsen der Fasern aus den Zellen am lebenden Material direkt zu beobachten.

Wesentlich anders spielt sich die Entwicklung der Nervenfaser nach der von Baer und Hensen begründeten Kontinuitätstheorie ab. Wie ihr Name andeutet, nimmt sie an, daß alle Zellen der jungen Embryonalanlage miteinander durch Zellbrücken in Verbindung stehen. Es sind also auch die Zellen des Neuralrohrs mit denen der Muskelplatten und der Haut durch zwischengeschaltete Zellen verbunden, und innerhalb der letzteren bilden sich die Neurofibrillen abschnittweise. Indem dann diese Abschnitte miteinander verschmelzen, ist die junge Nervenfaser entstanden, die also von Anfang mit einem protoplasmatischen Mantel umgeben ist.

In neuester Zeit hat Held versucht, die beiden Theorien zu verschmelzen. Auch er geht aus von der Annahme, daß alle Zellen der Embryonalanlage durch Zellbrücken (Plasmodesmen) miteinander in Verbindung stehen, läßt aber die Bildung der Neurofibrillen nur von den Zellen des Neuralrohrs und der Ganglienleiste ausgehen. Von hier dringen sie peripheriewärts vor, indem sie die Zellbrücken als Straßen benutzen, auf denen sie zu ihrer Endstation gelangen. Es verwandeln sich so die von den Neurofibrillen gewählten Plasmodesmen in Neurodesmen.

Was nun die Entwicklung der Neurofibrillen anbelangt, so entstehen dieselben nach Hoven aus Mitochondrien, welche unter Änderung ihrer chemischen und morphologischen Eigenschaften sich in Neurofibrillen verwandeln. Im Gegensatz dazu meint Luna, daß zwar die Mitochondrien während der embryonalen Entwicklung an der Neurofibrillenbildung teilnehmen, sich jedoch nicht direkt in Neurofibrillen umwandeln.

Bezüglich der Entwicklung der Markscheide sind die Ansichten geteilt. Ranvier, Vignal, Boveri und Fürst lassen das Myelin innerhalb des Körpers der den embryonalen Achsenzylinder umhüllenden Schwannschen Zellen entstehen. Es würde dann jedes Marksegment mit zugehöriger Schwannscher Scheide und Kern den Wert einer Zelle besitzen. Im Zentralnervensystem wird die Rolle der Schwannschen Zellen als Markscheidenbildner von den ihnen ja von Hause aus gleichwertigen Gliazellen übernommen.

Andere Autoren lassen die Markbildung vom Achsenzylinder selbst ausgehen (Key und Retzius, Kölliker, Westphal), und noch andere lassen das Mark aus dem Blute stammen, von dem es rings um den Achsenzylinder deponiert wird (Boll, Wlassak).

Anhang:

1. Das Blut.

Wenn wir das Blut hier als Anhang zu den eigentlichen Geweben abhandeln, so können wir es doch mit einem gewissen Recht als ein Gewebe sui generis betrachten. Definierten wir in einem früheren Kapitel ein Gewebe als „einen Komplex gesetzmäßig angeordneter, in einer bestimmten Richtung differenzierter und zu einer bestimmten Tätigkeit befähigter Zellen", so trifft allerdings der erste Passus unserer Definition auf das Blut nicht zu. Das Blut besteht aus einer Blutflüssigkeit, in welcher zwar in gesetzmäßiger Zahl und in konstantem Verhältnis verschiedenartige Zellen verteilt sind, aber eine gesetzmäßige räumliche Anordnung können diese Elemente eben infolge des flüssigen Mediums, in dem sie verteilt sind, nicht haben. Die zelligen Elemente des Blutes sind ebenso wie die Zellen anderer Gewebe in einer ganz bestimmten Weise und hier sogar sehr weitgehend differenziert, und ihnen kommt im Verein mit der Blutflüssigkeit die außerordentlich wichtige Aufgabe zu, allen Teilen des Körpers die nötigen Nährkörper zu übermitteln und ihren Gaswechsel zu vermitteln, indem sie ihnen Sauerstoff zuführen und andererseits die Produkte der in den Organen stattfindenden Verbrennung, d. h. im wesentlichen Kohlensäure wieder abführen. Um diesen Zwecken in vollkommener Weise dienen zu können, kreist das Blut fortwährend in, wenigstens bei den höheren Tieren, geschlossenen Bahnen, den Blutgefäßen.

Wollen wir das Blut in das System unserer Gewebe einordnen, so müssen wir es unter die Bindesubstanzen oder doch in deren nächster Nähe unterbringen. Blut und Bindesubstanzen entwickeln sich aus denselben Teilen der Embryonalanlage, aus dem Mesenchym. Hier geht die Blutbildung in der Weise vor sich, daß sich die Zellen in dem embryonalen Bindegewebe in Gruppen zusammenlagern, die periphersten zu platten Zellen werden, sich aneinander legen und eine geschlossene, die entstandene Blutinsel nach außen abschließende Wandung bilden. Die zentralen Zellen dagegen runden sich ab und bilden so die ersten embryonalen Blutkörperchen, die nun in einer in dem jungen Gefäß sich ansammelnden Blutflüssigkeit schwimmen. Wir können nach dem Gesagten also auch das Blut als ein Gewebe der Bindesubstanzreihe auffassen mit verflüssigter Interzellularsubstanz.

Die zelligen Elemente des Blutes lassen sich in drei Gruppen unterbringen: 1. in Elemente, welche den spezifischen Blutfarbstoff, das Hämoglobin, enthalten, rote Blutkörperchen, 2. in Elemente, welche diesen Stoff nicht enthalten, farblose Blutkörperchen.

Dazu kommen noch 3. besonders kleine, ihrer Natur nach noch nicht ganz geklärte Gebilde, die Blutplättchen.

Außer diesen zelligen Elementen enthält das Blut die sog. Hämokonien und Fetttröpfchen.

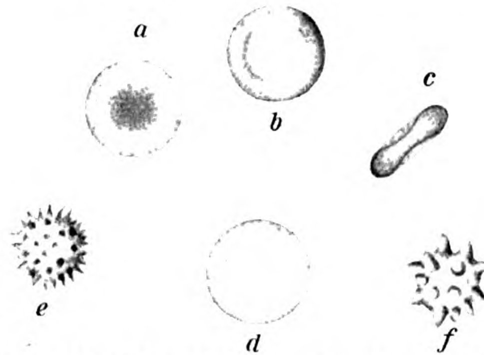


Fig. 117. Farbige Blutkörperchen des Menschen. Ca. 1500mal vergrößert. a von der Fläche bei hoher Einstellung, b von der Fläche bei tiefer Einstellung, c von der Kante gesehen, d in hypertonischer Lösung, e u. f in hypotonischer Lösung (Stechapfel- und Maulbeerform).

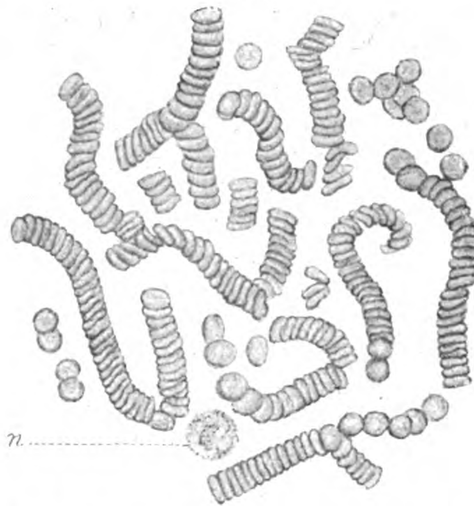


Fig. 118. Frisches Blut vom Menschen. Der größere Teil der roten Blutkörperchen ist in geldrollenartiger Anordnung, der übrige von der Fläche gesehen. n = neutrophiler Leukozyt. Ca. 500mal vergrößert.

1. Die roten Blutkörperchen oder Erythrozyten des menschlichen Blutes stellen kleine, runde, bikonkave Scheiben dar, deren Form, von der Seite gesehen, der eines gewöhnlichen Biskuits nicht unähnlich ist (Fig. 117 c).

Die Form des roten Blutkörperchens ist, wie gesagt, die einer runden Scheibe, welche einen verdickten wulstigen Rand und eine dünne Mitte besitzt. Betrachten wir es von der Fläche her, so erscheint es in durchfallendem Licht als kreisförmige Scheibe mit einem zentralen dunklen Fleck; dreht man die Mikrometerschraube herunter, so erhält man umgekehrt eine dunkle Scheibe mit heller Mitte (Fig. 117a und b und 122). Diese Erscheinung beruht darauf, daß die beiden Teile der Erythrozyten optisch verschieden wirken. Die Mitte repräsentiert eine Bikonkavlinse, welche das parallele durchfallende Licht zerstreut, der Rand wirkt als Bikonvexlinse, welche die Lichtstrahlen sammelt.

Ihr Durchmesser schwankt beim Menschen zwischen 4 und 9 μ, als Durchschnittsmaß werden gewöhnlich 7,5 μ angegeben. Der Dickendurchmesser beträgt in der Mitte 1,8—2 μ, am Rande des Körperchens 2,5 μ. Die Erythrozyten von normaler Größe (7,5 μ Durchmesser), welche drei Viertel aller Blutkörperchen ausmachen, nennen wir Normozyten im Gegensatz zu den kleineren — den sog. Mikrozyten — und den größeren — den sog. Megalozyten.

Irgendwelche Strukturdetails lassen sich im Innern der Erythrozyten bei den gewöhnlich gebrauchten Methoden nicht erkennen.

Vielumstritten ist die Frage, ob sie nach außen von einer Membran abgeschlossen werden (Virchow, Schäfer, Ranvier, Krause, Hensen u. a.) oder nicht. Wir dürfen heute wohl annehmen, daß mindestens eine festere Randschicht, eine sog. Krusta, an dem Erythrozyten entwickelt ist, welche einen mehr flüssigen Inhalt umschließt. An letzterem können wir wieder ein nach Art eines Schwammgerüstes angeordnetes, aber durch künstliche Färbung nicht darstellbares, etwas festeres, mit Hämoglobin angefülltes und durchtränktes Stroma unterscheiden.

Die Erythrozyten im Blute des erwachsenen Menschen sind kernlos (Fig. 117, 118 und 122), doch sind in ihnen durch Jolly, Schmauch Weidenreich u. a. kleine, einfach oder doppelt vorkommende Körnchen nachgewiesen worden, welche sich mit basischen Farbstoffen tingieren und als Kernreste gedeutet werden.



Fig. 119. Rote Blutkörperchen des Menschen in Napfform. Sehr stark vergrößert.

Unter pathologischen Verhältnissen (Anämie, Bleivergiftung) können im Körper die Erythrozyten solche basophile Körner in größerer Zahl auftreten (Grawitz).

Nach Untersuchungen von Schilling-Torgau zeigen die menschlichen Erythrozyten eine sehr komplizierte Struktur. Seiner Meinung nach lassen sich am Erythrozyten drei Teile unterscheiden: der Kernrest (oder das Blutplättchen), das Protoplasma und das Archoplasma. Letzteres besteht aus dem „Glaskörper", d. h. einer der Delle entsprechenden achromatischen Substanz, den Zentriolen in Form von zwei azurfärbbaren Körnchen und aus einem sog. Idiosoma, welches der Zentrosphäre zu entsprechen scheint.

Die Erythrozyten sind außerordentlich biegsam, weich und dabei doch elastisch, so daß sie da, wo dem Blutstrom ein Hindernis geboten wird, sich in der verschiedsten Weise deformieren können, um nach Überwindung des Hindernisses sofort ihre ursprüngliche Form wieder anzunehmen.

Bei einer gewissen Dicke der Blutschicht ordnen sich unter dem Deckglas die Erythrozyten mit großer Vorliebe nebeneinander zu sog. Geldrollen (Fig. 118). Es liegen dann die Körperchen, wie die einzelnen Stücke in einer solchen Rolle, mit der Fläche nebeneinander. Da hat man dann Gelegenheit, die Kantenansicht der Körperchen zu studieren. Wir erkennen eine dünne Mitte und einen

verdickten Rand und sehen, daß letzterer nicht scharf, sondern abgerundet ist.

Nach Weidenreich repräsentiert diese Scheibe übrigens nicht die vitale Form des Erythrozyten, sondern entsteht erst künstlich außerhalb des Gefäßes. Nach seiner Anschauung haben die Körperchen innerhalb der Gefäße die Form von Glocken oder konkavkonvexen Näpfchen (Fig. 119). Manche Forscher sind der Meinung, daß beide, die Scheiben- und die Glockenform, normalerweise nebeneinander im Säugerblute vorkommen (Walcker), es erhoben sich jedoch in letzter Zeit Stimmen, nach denen nur die erstere die Normalform der roten Blutkörperchen ist und die Glockenformen künstlich durch anormale Verhältnisse bzw. durch einseitige Einwirkung schädigender Agenzien hervorgerufen werden (Löhner).

Die Erythrozyten sind außerordentlich empfindlich gegen äußere Einwirkungen und reagieren darauf in der verschiedensten Weise. Ohne Zusatzflüssigkeit untersucht, sind sie von leicht gelber Farbe (Fig. 118). Setzt man dem Präparat Wasser zu, so quellen die Körperchen zu Kugeln auf; das in ihnen enthaltene Hämoglobin wird ausgelaugt und sie schwimmen nun als schwer erkennbare Schatten in der gefärbten Flüssigkeit. Außerordentlich leicht kommt es an den Erythrozyten zu Schrumpfungserscheinungen, vor allem dann, wenn der osmotische Druck des umgebenden Mediums höher als normal wird, also z. B. wenn man dem Blut Kochsalzlösungen über 0,9% (hyperisotonische Lösungen) zusetzt oder wenn der Salzgehalt des Mediums durch freiwillige Verdunstung des Wasser zunimmt. Unter solchen Umständen erscheinen die Erythrozyten zackig, maulbeerförmig, morgensternartig, stechapfelförmig.

Die Zahl der Erythrozyten wird beim Mann auf ungefähr 5,5 Millionen im Kubikmillimeter Blut angegeben, bei der Frau auf nur 4,7 Millionen. Eine deutliche Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen sehen wir bei Neugeborenen in den ersten Tagen nach der Geburt und bei Erwachsenen infolge herabgesetzter Sauerstoffspannung der Luft, z. B. beim Aufenthalt an hochgelegenen Orten auftreten. Es soll sich hier um eine wirkliche Blutneubildung handeln (Laquer).

Die Gestalt, Größe und Struktur der Erythrozyten ist je nach der Tiergattung außerordentlich verschieden (Fig. 120). Die Säugetiere besitzen sämtlich runde kernlose Erythrozyten, eine Ausnahme machen nur die Tylopoden, zu denen Kamel, Dromedar und Lama gehören. Bei ihnen sind die roten Blutkörperchen nicht rund, sondern oval, aber auch kernlos. Der Durchmesser der Erythrozyten ist auch bei den Säugetieren sehr verschieden. Die größten roten Blutkörperchen besitzt der Elefant mit 9,4 μ, beim Menschen messen sie

7,5 μ, bei der Katze 6,2 μ, beim Pferd nur 5,6 μ, beim Moschustier gar nur 2,5 μ.

Bei allen übrigen Wirbeltieren sind die Erythrozyten kernhaltige ovale Scheiben, deren Dicke vom Zentrum nach der Peripherie abnimmt (Fig. 120). Eine Ausnahme bilden nur die Zyklostomen (Neunauge), die runde, kernhaltige, scheibenförmige Blutkörperchen haben. Eine enorme Größe erreichen sie bei Proteus anguineus mit 58:35 μ, auch der Frosch besitzt recht große Erythrozyten: 22 : 15 μ (Fig. 121); bei Vögeln, Reptilien und Fischen dagegen sind sie beträchtlich kleiner, so beim Huhn 12 : 8 μ, bei der Eidechse 15 : 9 μ, beim

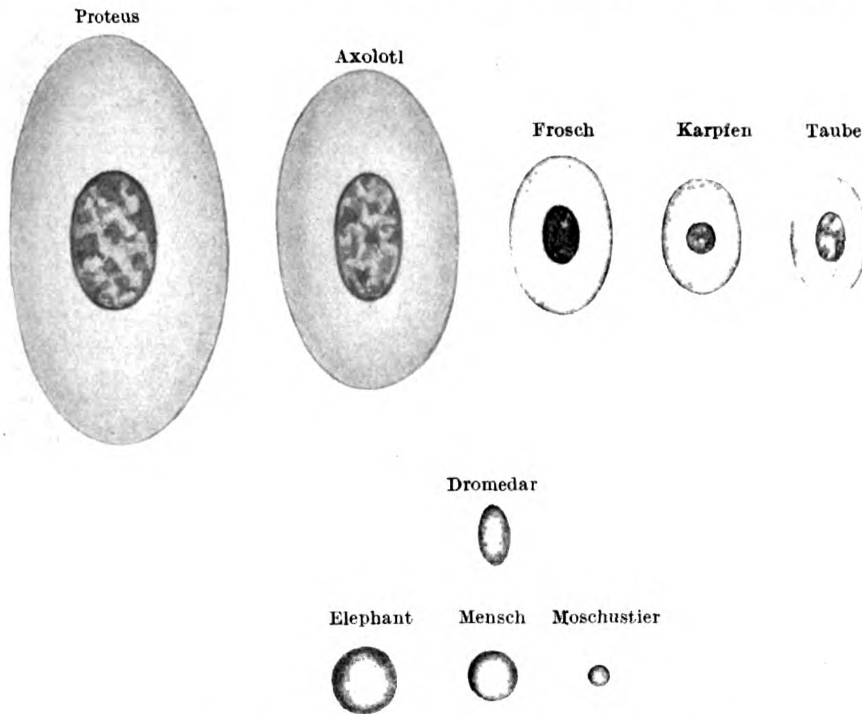


Fig. 120. Rote Blutkörperchen der Wirbeltiere.
Zur Veranschaulichung der Größenverhältnisse.

Karpfen 17 : 10 μ. Auch rücksichtlich der Struktur der Wirbeltiererythrozyten bestehen viele Differenzpunkte. Beim Salamander sind nach Meves die Erythrozyten membranlos, dagegen besitzen sie einen Stützapparat in Form von reifenartig angeordneten Fibrillen in ihrer Außenschicht, welche durch Quermembranen miteinander verbunden werden.

Die roten Blutkörperchen werden während des Lebens fortwährend verbraucht, ihre Lebensdauer dürfte nur 3—4 Wochen betragen. Der Untergang findet in der Leber, der Milz, vielleicht auch in den Lymphdrüsen statt. Für ihren Wiederersatz sorgt beim Erwachsenen ausschließlich das Knochenmark.

In chemischer Beziehung ist der wichtigste Bestandteil der Erythrozyten das **Hämoglobin**, ein eisenhaltiges Proteid, gepaart aus einem Farbstoff, dem **Hämochromogen** und einem Eiweißkörper, dem **Globin**. Es kommt im arteriellen Blut hauptsächlich in einer Verbindung mit Sauerstoff dem **Oxyhämoglobin**, vor, das aus dem einen Blute leichter, aus dem anderen schwerer in typischen Kristallen, den sog. **Blutkristallen**, auskristallisiert. Am leichtesten erhält man sie beim Meerschweinchen als regelmäßige Tetraeder. Beim Menschen bilden sie vierkantige Prismen. Das Hämoglobin ist in Wasser leicht löslich mit roter Farbe, die Lösung zeigt, spektroskopisch untersucht, einen charakteristischen Absorptionsstreifen zwischen den Linien D und E, beim Oxyhämoglobin ist er in zwei schmälere Streifen aufgelöst. Behandelt man eingetrocknetes Blut mit Salzsäure bzw. mit Essigsäure und Kochsalz, so erhält man kleine rhombische Kristalle, die unter dem Namen der **Teichmannschen Kristalle** früher eine große Rolle in der forensischen Medizin zur Erkennung von Blutflecken spielten. Sie bestehen aus **Hämin**, dem salzsauren Ester des **Hämatins**, das seinerseits durch Oxydation des Hämochromogens sich bildet. Heute bedient man sich zur Erkennung von Blutflecken hauptsächlich des Spektroskops.

Außer dem Hämoglobin enthalten die Erythrozyten noch Eiweiß, Harnstoff, Lezithin, Cholesterin und geringe Mengen mineralischer Bestandteile.

2. **Die farblosen Blutkörperchen, Leukozyten**, unterscheiden sich von den roten Blutkörperchen dadurch, daß sie erstens kein Hämoglobin enthalten und zweitens immer einen Kern besitzen (Fig. 122 und 123). Sie sind in dem menschlichen Blut in viel geringerer Zahl vorhanden als die Erythrozyten. Ihre Zahl in 1 mm^3 ist außerordentlich großen Schwankungen unterworfen, sie ist in den peripheren Gefäßbezirken größer als in den zentralen (**Jacob** und **Rieder**), höher in den Venen als in den Arterien, nach reichlicher Nahrungsaufnahme größer als im Hunger (Verdauungsleukozytose). Die Zahl der weißen Blutkörperchen scheint nach neueren Untersuchungen unter normalen Verhältnissen beim Erwachsenen ca. 6000 zu betragen (**Arneth**), so daß auf 900 Erythrozyten nur ein Leukozyt käme. Beim Neugeborenen beläuft sie sich bis auf 18 000 in 1 mm^3.

Fig. 121. Rote Blutkörperchen vom Frosch, von der Fläche und von der Kante gesehen.
Ca. 1000 mal vergrößert.

Ihre Größe ist sehr verschieden, doch sind sie beim Menschen meist größer, mindestens aber ebenso groß wie die Erythrozyten

Im frischen Blute des Menschen fallen sie durch einen eigentümlichen bläulichweißen Glanz auf. Schon ohne jede weitere Behandlung erkennt man meist in ihrem Körper feine Körnchen, **Granulationen**, deren Kenntnis wir vor allem **Ehrlich** und seinen Schülern verdanken.

Die einzelnen Leukozytenformen unterscheiden sich durch verschiedene morphologische Merkmale.

Die Größe der Zelle und des Kernes, die Beschaffenheit des Zell-

leibes und des Zellkernes[1]) bilden die Grundlage für die Einteilung der Leukozyten in mehrere Gruppen. Im normalen menschlichen Blute können wir unterscheiden:

a) Lymphozyten (kleine Lymphozyten, Fig. 123a). Die Zelle hat ungefähr die Größe eines Erythrozyten oder ist etwas größer. Der Kern ist verhältnismäßig groß, um ihn herum bildet das Protoplasma eine schmale Zone. Der zumeist rundliche Kern und das Protoplasma, welches gewöhnlich homogen, bei manchen Methoden jedoch fein granuliert (Azurgranula) erscheint (es sind dies keinerlei richtige Granulationen), sind basophil.

Die Lymphozyten machen im normalen Blute ungefähr 25% sämtlicher farblosen Blutkörperchen aus.

b) Große mononukleäre Leukozyten (Fig. 123b). Im großen Zellkörper (12—20 μ) liegt, meist exzentrisch, ein relativ kleiner ovaler Kern, der stärker basophil ist als der erstere. Sie bilden nur 1% der farblosen Blutkörperchen.

c) Übergangsformen (Fig. 123c). Im großen basophilen Zellkörper (etwas kleiner als die vorigen) treten selten vereinzelte, meist feine neutrophile Granulationen auf. Der stärker basophile Kern ist gewöhnlich eingebuchtet oder zeigt alle Übergänge von ovaler zu gelappter Form.

Die Gegner der Spezifität der Leukozytenarten betrachten die Übergangsformen als weitere Entwicklungsstufe der Lymphozyten zu den polymorphkernigen, neutrophil granulierten Leukozyten. Im normalen Blut ist ihre Zahl ziemlich schwankend; sie machen etwa 4% der farblosen Blutkörperchen aus.

Die Gruppe b und c entspricht den sog. Monozyten (große einkernige Leukozyten) von Pappenheim und den Splenozyten von Türk.

d) Neutrophile polymorphkernige (polynukleäre) Leukozyten (Ehrlichs ε-Granulationen, Fig. 123d). Die Zellen sind 9—12 μ groß, haben einen wurstförmig gebogenen, hufeisenförmigen, kleeblattförmigen oder unregelmäßig eingeschnürten Kern, wobei die einzelnen Teilstücke durch dünne Brücken miteinander verbunden sind. Durch das Abschnüren einzelner Teile vom Kerne kann die Zelle mehrkernig werden. Ca. 95% aller Neutrophilen haben im normalen Blut des Erwachsenen einen Kern, der die zuletzt angegebenen Charakteristika aufweist, der Rest enthält einen wurstförmig oder hufeisenförmig gebogenen Kern (Stabkern von Schilling-Torgau). Der Kern ist intensiv basophil, das Protoplasma bei jugendlichen Formen schwach basophil, bei älteren Formen dagegen oxyphil.

---

[1]) **Ehrlich** teilt die granulierten Leukozytenformen nach dem mikroskopischen Verhalten der in den einzelnen Zellenarten vorhandenen Granula zu bestimmten Teerfarbstoffen (saure, basische und neutrale Farbstoffe) in fünf Gruppen: α = azidophile (eosinophile) Granulationen; β = amphophile Granulationen (nur im Tierblut); γ = Mastzellen-Granulationen; δ = basophile Granulationen; ε = neutrophile Granulationen.

In ihm finden sich massenhafte, meist sehr feine neutrophile Granulationen. Im Zellkörper kann unter pathologischen Verhältnissen (Diabetes mellitus) Glykogen auftreten. Die polymorphkernigen neutrophilen Leukozyten bilden die Hauptmasse, nämlich ungefähr 67% aller farblosen Blutzellen.

e) Eosinophile Zellen (Fig. 123e, α-Granulationen Ehrlichs). Sie sind meist etwas größer als die vorigen (12—15 μ), unterscheiden sich von ihnen auch dadurch, daß ihre Granulationen auffällig grob, stark lichtbrechend und nicht neutrophil, sondern intensiv azidophil (oxyphil) sind. Sie enthalten entweder einen polymorphen, kleeblattartigen basophilen Kern oder öfter 2—3 Kerne von unregelmäßiger Größe. Ihre Menge im normalen Blut beträgt 2—4% aller Leukozyten.

f) Mastzellen (Fig. 123f, γ-Granulationen Ehrlichs). In ganz verschwindender Menge (unter ½%) finden wir im normalen Blut dann noch diese letzte Zellform, die uns schon vom Bindegewebe her bekannt ist. Sie sind ca. 10 μ groß. Das Protoplasma weist grobe, meist nicht sehr reichliche, basophile Granula auf und enthält einen schwach färbbaren polymorphen Kern.

Außer diesen Leukozytenarten trifft man im Blut des Neugeborenen sehr selten noch Gebilde, welche in pathologischen Zuständen auch im Blute Erwachsener auftreten können. Es sind dies junge Formen, welche während des postembryonalen Lebens im Knochenmark normalerweise vorkommen, nämlich: neutrophile, eosinophile und basophile Myelozyten (siehe Knochenmark) und die großen Lymphozyten, die sich von den kleinen Lymphozyten durch ihre Größe sowie den Bau des Kernes und des Protoplasmas unterscheiden. Außerdem können auch unter Umständen die uns schon bekannten Plasmazellen auftreten.

Den farblosen Blutzellen kommt in hohem Grade die Fähigkeit der amöboiden Bewegung zu; fortwährend wandern sie aus den Blutgefäßen aus und gelangen ins Bindegewebe, wo wir sie als Wanderzellen kennengelernt haben. Der Ersatz erfolgt einmal von der Lymphe her, die sich ja in den Blutstrom ergießt und ihm fortwährend große Mengen Lymphozyten zuführt, die ihrerseits wieder, wie wir später sehen werden, aus den Lymphdrüsen stammen. Sicher nachgewiesen ist dann noch die Herkunft der polynukleären Leukozyten. Sie haben mit den Erythrozyten einen gemeinsamen Ursprungsort, das Knochenmark, das wir deshalb als das wichtigste blutbildende Organ des erwachsenen Menschen bezeichnen müssen. Über die Rolle, welche die Milz als Bildungsstätte von farblosen Blutzellen spielt, sind die Ansichten geteilt. Ehrlich, der verdienstvolle Forscher auf dem Gebiet der Hämatologie, sieht in der Milz keine oder doch nur eine ganz unwesentliche Bildungsstätte farbloser Blutzellen, dagegen lassen Benda, Löwit, Lubarsch, Weidenreich in ihr Lymphozyten und Weill granulierte Leukozyten entstehen.

3. Die Blutplättchen. Über Bau und Bedeutung dieser von Hayem und Bizzozero aufgefundenen Gebilde ist eine Einigung zur Zeit noch nicht erzielt: während von den einen Autoren die Blutplättchen als besondere Elemente ohne Kern (Hayem. Bizzozero, Neumann, Laker, Giglio-Tos), bzw. als selbständige kernhaltige Zellen (Deetjen, Dekhuyzen. Kopsch) angesehen werden, werden sie von den anderen für Abkömmlinge der Erythro- bzw. Leukozyten gehalten. Im letzteren Falle sollen sie nun den einen zufolge dem Kern der Leukozyten (Grawitz. Marino) bzw. den Erythrozyten (Pappenheim, Schilling-Torgau) entstammen, nach anderen aber bilden sie die Zerfalls- resp. Abschnürungsprodukte der Leukozyten (Rieß, Al. Schmidt) oder aber der Erythrozyten (Arnold, Schwalbe, Maximow, Weidenreich). Noch andere lassen sie durch Abschnürung protoplasmatischer Fortsätze der Knochenmarksriesenzellen entstehen (Megakaryozyten) (Wright, Bunting, Ogata, Downey). Sie stellen verschieden große (2—15 μ, gewöhnlich etwa 3 μ), verschieden geformte Elemente dar, oft kreisrund und fortsatzlos, häufig aber auch länglich mit zahlreichen Fortsätzen (Fig. 124), welche ausgeschickt und eingezogen werden können. Die Blutplättchen sind hämoglobinfrei. Charakteristisch ist für sie, daß sie klebrig sind und sich leicht zu Häufchen zusammenballen. Im Innern tritt eine körnige Masse auf, die sich mit basischen Farbstoffen färbt und von Deetjen als Kern angesprochen wird; Weidenreich dagegen betrachtet sie als basophiles Zersetzungsprodukt des Erythrozytenkörpers (von dem er ihre Abstammung ableitet), wie ja auch, wie früher erwähnt, besonders unter pathologischen Verhältnissen basophile Granulationen im Erythrozytenkörper auftreten können.



Fig. 124. Blutplättchen. Sehr stark vergrößert.

Die Zahl der Blutplättchen wird auf ca. 250 000 in 1 mm³ Blut angegeben.

Den Blutplättchen wird, im Gegensatz zu den Leukozyten und Erythrozyten, von Bizzozero, Laker u. a. eine wesentliche Rolle bei der Blutgerinnung zugeschrieben. Im strömenden Blute rund, werden sie sofort nach dem Blutaustritt spindelförmig und sodann sternförmig, um endlich zugrunde zu gehen. Unmittelbar danach

erfolgt die Bildung von Fibrin, welches aus dem Reste des Blutplättchenplasmas hervorschießt (Stübel) (Fig. 125). Die Blutplättchen sollen den bei niederen Wirbeltieren sich findenden Spindelzellen völlig homolog sein (Meves). Nach Meves wird im gerinnenden Amphibienblut von diesen Spindelzellen ein Stoff abgeschieden, der mit dem Blutplasma eine unlösliche Verbindung, das Fibrin, bildet. Dieses scheidet sich von einem Zentrum, welches von der Spindelzelle gebildet wird, in Form feiner Fäden aus. Weil sowohl die Blutplättchen wie auch die Spindelzellen mit der Thrombenbildung in Zusammenhang gebracht werden, so hat man beide auch als Thrombozyten bezeichnet.

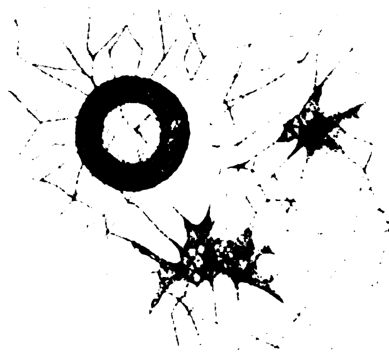


Fig. 125. Fibrinbildung. Links ein Erythrozyt, rechts zwei Blutplättchen. Stark vergrößert.

4. Die Hämokonien. Mit diesem Namen hat H. F. Müller feinste, meist stark lichtbrechende Körperchen und Partikelchen bezeichnet, die sich in der Blutflüssigkeit beobachten lassen und die immer in lebhaft tanzender, zitternder Bewegung begriffen sind. Wahrscheinlich handelt es sich bei ihnen um Elemente verschiedenster Abkunft, Zerfallsprodukte der körperlichen Elemente des Blutes.

Auch Fetttröpfchen kommen, wie die neueren Untersuchungen mittelst des Ultramikroskopes ergeben haben, im Blut in großer Menge vor; in der Hauptmasse sind sie von der alimentären Fetteinführung abhängig; ihre Menge erreicht 2—3 Stunden nach einer fetthaltigen Mahlzeit ihren Höhepunkt (Neumann).

Über die Entwicklung der zelligen Elemente des Blutes können wir uns nach dem früher Gesagten kurz fassen. Ursprünglich besteht der Inhalt des eben gebildeten Gefäßes aus gleichartigen basophilen Zellen, primitiven Blutzellen (Maximow), welche zwei Stämmen von Zellen den Ursprung geben. Ein Teil derselben bildet in ihrem Körper Hämoglobin und wird zu primitiven Erythroblasten. Der Rest wandelt sich in Zellen mit großem Kern und basophilem

beweglichem Zellkörper um, in Lymphozyten. Beide Zellarten vermehren sich selbständig durch Teilung (Taf. XI, Fig. 126).

Die primitiven Erythroblasten häufen mit der Zeit immer mehr Hämoglobin in sich auf, sie verlieren dabei ihren Kern, der sich in Chromatinkörnchen auflöst und werden zu primitiven Erythrozyten. Sie verschwinden jedoch gänzlich im Laufe des Embryonallebens nach und nach aus dem Blut und es treten an ihre Stelle die durch Teilung aus den Lymphozyten entstehenden Megaloblasten. Sie sind anfangs hämoglobinlos und großkernig. Sobald die Hämoglobinbildung einsetzt, wird der Kern kleiner, dunkler und verschwindet schließlich, der Megaloblast wird damit zum typischen Normoblasten, zum fertigen Erythrozyten. Das Hämoglobin wird nach Schridde von den Plastosomen gebildet.

Wie die Entkernung stattfindet, ist strittig. Die einen lassen den Kern aus der Zelle einfach austreten (Bizzozero, van der Stricht, Saxer, v. Kostanecki, Rindfleisch u. a.), nach Maximow wird er von den Gefäßepithelzellen aufgefressen. Andere Autoren dagegen leugnen ein solches Austreten. Der Kern soll innerhalb des Erythrozytenkörpers verbleiben, sich auflösen oder doch unsichtbar werden (Löwit, Spuler, Pappenheim u. a.).

Während ein Teil der Lymphozyten so in Megaloblasten und sodann in Erythrozyten umgewandelt wird, läßt der Rest der Lymphozyten aus sich die verschiedenen Arten von farblosen Blutkörperchen hervorgehen.

Die im Blut des jungen Fetus kreisenden Blutkörperchen erhalten aber ständigen Zuzug von besonderen blutbildenden Organen her. Als ein solches figuriert zunächst die Dottersackwand. Hier lösen sich Zellen der Gefäßwand fortwährend ab, um zunächst primitive Blutzellen zu bilden und sich dann ebenfalls in primitive Erythrozyten und Lymphozyten umzuwandeln. Weitere, in ausgedehnter Weise als blutbildend anzusprechende Organe sind die embryonale Leber, das Knochenmark und der Thymus, wo die Blutzellen genau so wie im Gefäßhof aus Mesenchymzellen entstehen.

2. Die Lymphe.

Die Lymphe besteht ebenfalls aus zelligen Elementen, welche in einer Flüssigkeit schwimmen. Sie stellt eine klare oder milchige, farblose Flüssigkeit dar. Ihre Menge ist beträchtlichen Schwankungen unterworfen, die, wie die Physiologie lehrt, von der Nahrung, der Blutmenge und anderen Momenten abhängig sind. Sie kann auch durch besondere, dem Organismus einverleibte Stoffe, sog. Lymphagoga, vermehrt werden. Das spricht dafür, daß die Lymphbildung kein rein physikalischer Vorgang ist, sondern daß dabei eine sekretorische Wirkung des Blutgefäßepithels mitspielt (R. Heidenhain).

Die aus dem Ductus thoracicus in das Blut eintretende Lymphe stammt einmal aus den Gewebsflüssigkeiten, die aus den einzelnen Organen durch die Lymphgefäße abgeführt werden und dabei die Lymphdrüsen passieren, zweitens gesellt sich dazu die aus den großen serösen Räumen, wie Bauchhöhle, Brusthöhle, Herzbeutel, Ventrikelsystem der nervösen Zentralorgane ablaufende Flüssigkeit, und schließlich kommt dazu der aus dem Darmkanal stammende Chylus.

Als körperliche Elemente finden sich in der Lymphe in wechselnder Zahl die uns vom Blut her schon hinlänglich bekannten Lymphozyten. Außerdem enthält die Lymphe vereinzelte rote Blutkörperchen und Fett in wechselnder Menge und feinsten Tröpfchen.

Dritter Teil.

Mikroskopische Anatomie der Organe.

Wie wir in der Einleitung gesehen haben, entsteht ein Organ durch die Vereinigung von verschiedenen Geweben, und zwar baut sich ein jedes Organ in einer für jeden Fall ganz bestimmten charakteristischen Anordnung aus den einzelnen, früher besprochenen Gewebsarten auf. In den meisten Organen nehmen sämtliche Gewebe: Epithel, Bindesubstanz, Muskeln, Nerven und Blut an dem Aufbau des Organes teil. Wie diese Vereinigung bei jedem einzelnen Organ vor sich geht, lehrt die mikroskopische Anatomie, mit der wir uns in diesem dritten Teil beschäftigen wollen.

Jedes Organ hat innerhalb des menschlichen und tierischen Körpers eine bestimmte Funktion, eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen. Dabei vereinigen sich wieder verschiedene Organe mit gleicher oder ähnlicher Funktion zu Organsystemen. Solcher Organsysteme können wir im menschlichen Körper sieben unterscheiden:

I. Das Kreislaufsystem,
II. das Verdauungssystem,
III. das Atmungssystem,
IV. das Harnsystem,
V. das Fortpflanzungssystem,
VI. das Bewegungssystem,
VII. das Nervensystem mit den Sinnesorganen.

I. Das Kreislaufsystem.

Das Kreislaufsystem setzt sich zusammen aus dem Blutgefäßsystem, dem Lymphgefäßsystem und akzessorischen Organen, welche in jedes der beiden Systeme eingeschaltet sind und entweder zur Bildung der körperlichen Elemente des Blutes und der Lymphe oder zur Bereitung gewisser Stoffe dienen, die mit dem Blutstrom fortgeleitet werden.

1. Das Blutgefäßsystem.

Im Körper aller höheren Tiere und des Menschen findet sich ein geschlossenes System zunächst weiterer, dann durch fortgesetzte Teilung immer enger werdender Röhren, dem die wichtige Aufgabe zufällt, allen Organen die ernährende Flüssigkeit, das Blut, zuzuführen. In ähnlicher Weise wird aus den Organen durch anfangs ganz enge, später infolge fortgesetzten Zusammenfließens immer weiter werdende Röhren das Blut wieder abgeführt. Beide Systeme, das arterielle und venöse Gefäßsystem, stehen in kontinuierlicher Verbindung vermittelst der Kapillaren. Die feinsten Arterien gehen nämlich in die Kapillaren über, aus denen sich dann die Venen entwickeln. Andererseits ist zwischen Arterienursprung und Venenende das Herz als treibender Motor geschaltet, als Ausgangspunkt des arteriellen und Sammelstation des venösen Blutes.

Sämtliche Abschnitte dieses Hohlraumsystems zeichnen sich durch eine hochentwickelte Kontraktilität ihrer Wandung aus, mit deren Bau wir uns nun beschäftigen wollen. Das ganze Hohlraumsystem wird ausgekleidet von einer ununterbrochenen Lage platter Epithelzellen, die also ein geschlossenes Epithelrohr darstellen. Man hat diese vom Mesenchym abstammenden Zellen auch als Endothelzellen bezeichnet.

Die feinsten Gefäße, die Kapillaren, bestehen fast ausschließlich aus einem solchen einfachen Epithelrohr (Fig. 127, 128). Je weiter wir nun einerseits in den Arterien, andererseits in den Venen vordringen, um so mehr gesellen sich zu diesem Epithelrohr akzessorische Hüllen (Accessoria) hinzu, die im wesentlichen aus Elementen des Muskelgewebes und des Bindegewebes bestehen. Während das Epithelrohr in der ganzen Ausdehnung des Gefäßsystems die gleiche Zusammensetzung aufweist, werden diese akzessorischen Hüllen mit zunehmender Weite des Lumens immer mächtiger und zeigen in den Arterien und Venen eine verschiedene, für jeden Gefäßabschnitt charakteristische Entfaltung und Anordnung.

Man teilt diese akzessorischen Hüllen nach altem Brauche ein in eine zunächst dem Epithelrohr aufliegende Intima, eine nach außen von dieser liegende Media und schließlich eine die äußerste Bekleidung der Gefäßwand bildende Adventitia.

Die Muskulatur besteht in der Gefäßwand aus glatten Muskelzellen, im Herzen dagegen aus quergestreiften, netzförmig miteinander verbundenen Muskelfasern.

Wir wollen bei unserer Besprechung des Blutgefäßsystems vom einfacheren zum komplizierteren vorgehen und zunächst die Kapillaren besprechen.

Die Kapillaren.

Als Kapillaren, Blutkapillaren, Haargefäße (Fig. 127, 128) bezeichnen wir die zwischen die kleinsten Arterien und Venen eingeschalteten Gefäßstrecken, welche in Form von Schlingen oder Netzen sämtliche Organe durchdringen. Sie umschlingen die Muskelfasern mit langgezogenen Maschen, dringen in die feinsten Nervenstämmchen ein, bilden mehr oder weniger dichte Netze in den Drüsen. Solche Blutkapillarnetze liegen auch dicht unter dem Oberflächenepithel des Magendarmkanals und unter der Epidermis. Niemals aber, ganz verschwindende Ausnahmen abgerechnet, dringen die Blutkapillaren zwischen die Epithelzellen selbst ein.

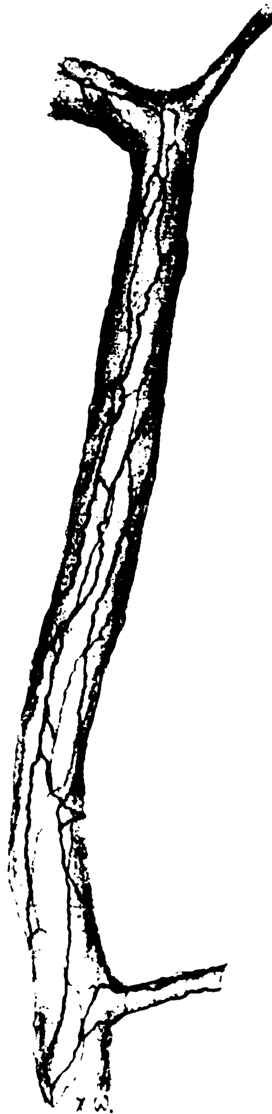


Fig. 127. Stück eines mit Silbernitratlösung behandelten Kapillargefäßes aus dem Omentum des Kaninchens. Die Zellgrenzen sind durch Einwirkung von Silbernitrat geschwärzt. Ca. 450mal vergrößert.

Die Weite der Kapillaren ist je nach dem Orte ihres Vorkommens großen Schwankungen unterworfen. An manchen Stellen sind sie so eng, daß ihr Durchmesser geringer als der eines Erythrozyten ist, so daß sich die letzteren nur unter vorübergehender Deformierung nacheinander durchpressen können, an anderen Stellen kann ihr Durchmesser bis zu 50 μ und darüber betragen.

Die Wand der Kapillaren bildet im allgemeinen nur der einfache Epithelschlauch. Die ihn zusammensetzenden Zellen sind dünne Platten, so dünn, daß der meist in der Zellmitte gelegene Kern den Zellkontur ins Gefäßlumen hinein vorbuchtet. Spritzt man in die Kapillaren eine dünne Höllensteinlösung ein und setzt dann die Präparate dem Licht aus, so wird die Silberverbindung in den Zellgrenzen reduziert, welche nun ein langmaschiges Netzwerk darstellen. Das gibt uns dann auch einen Einblick in die Form der Epithelzellen. Es sind dies unregelmäßige langgestreckte Zellen, deren längster Durchmesser in der Längsachse der Kapillare liegt. Je nach dem Kontraktionszustand der Kapillare sind die Zellkonturen bald mehr gerade, gestreckt, bald wieder wellig, unregelmäßig. An manchen Stellen sehen wir zwischen benachbarten Zellen

kleine Stomata oder Stigmata, welche den körperlichen Elementen des Blutes als Austrittsstellen dienen sollen.

Oft aber liegt der Wand der Kapillaren von außen noch eine sog. Adventitia capillaris auf. Dieselbe besteht nach den Untersuchungen von Iwanoff und Eberth aus sternförmigen Zellen, deren Ausläufer miteinander anastomosieren und so das Epithelrohr mit einem Zellnetz bekleiden.

Die Kapillaren sind kontraktil. Das hat zuerst Stricker an der Nickhaut des Frosches nachgewiesen. Nach Steinach und Kahn kommt diese Eigenschaft auch den Kapillaren der Säugetiere zu und

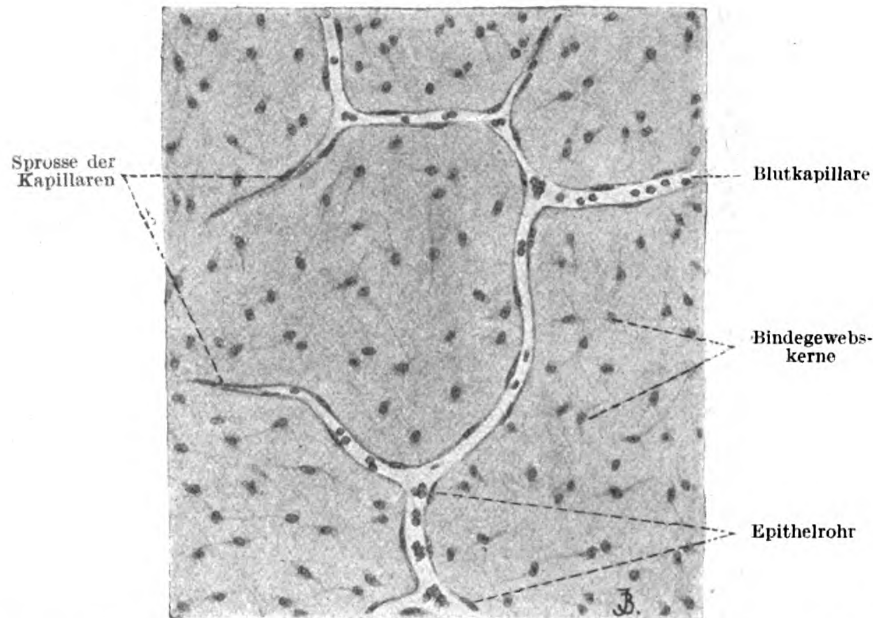


Fig. 128. Stück des von der Oberfläche gesehenen Omentum majus eines acht Tage alten Hundes.
Ca. 180mal vergrößert.

die Art und Weise, wie sie sich kontrahieren, stimmt ganz mit der Arterienkontraktion überein. Die Kapillare kann sich dabei bis zum völligen Verschluß verengern. Während der größte Teil der Physiologen diese Kontraktion auf Turgeszenzerscheinungen der Epithelzellen zurückführt, lassen Rouget und S. Mayer sie durch Zusammenziehen jener sternförmigen Zellen zustande kommen, die sie als echte Muskelzellen ansprechen. Dafür sprechen nun auch die Versuche von Steinach und Kahn, die beobachteten, daß die Kapillarwand bei der Kontraktion nicht turgeszent, nicht dicker wird, sondern sich in Längsfalten legt. Die Innervation erfolgt vom N. sympathicus aus.

Die Art und Weise, wie das Wachstum der Kapillaren erfolgt, läßt sich sehr anschaulich im Netz neugeborener Tiere demonstrieren

(Fig. 128). Dieses wird von einem ausgedehnten Kapillarnetz durchzogen, von dem sich an vielen Stellen seitliche, blind endigende Sprossen abzweigen. Die Epithelzellen der Kapillaren vermehren sich hier durch mitotische Teilung und bilden zunächst kleine Aussackungen der Wand, die sich bald zuspitzen und nun durch fortgesetzte Zellteilung immer weiter vorwachsen. Dann begegnen sich zwei benachbarte Sprossen, vereinigen sich miteinander, höhlen sich aus und wir haben nun eine neue Masche des Kapillarnetzes vor uns. Jede Kapillare entsteht so durch Sprossung einer anderen. Freie Kapillarbildung inmitten des Gewebes aus sog. vasoformativen Zellen (Ranvier) kommt nicht vor. Nach Pardi sind die sog. vasoformativen Zellen der Kategorie der ruhenden Wanderzellen (Klasmatozyten Ranviers) anzureihen.

Die Arterien.

Gehen wir nun von den Kapillaren zu den Arterien über, so treffen wir in den kleinsten, sog. präkapillaren Arterien außer den die

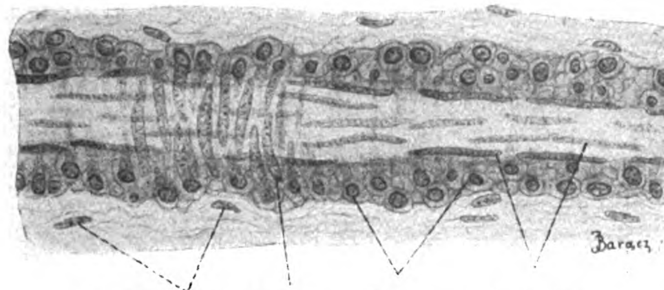


Fig. 129. Längsschnitt einer kleinen Arterie aus der Lymphdrüse der Katze. Ca. 660mal vergrößert.

Kapillarwand konstituierenden Elementen noch eine Lage elastischer Fasern, welche sich zu einer dünnen, elastischen Membran vereinigen können und zwischen Epithelschlauch und kontraktile Zellen eingeschoben sind.

Dann aber treten sehr bald bei den kleineren Arterien an Stelle jener kontraktilen, verästelten Zellen typische glatte Muskelzellen, welche ringförmig um das Gefäß herum in einfacher oder doppelter Schicht verlaufen. Sie geben dem Längsschnitt einer solchen kleinen Arterie sein charakteristisches Gepräge, indem die längsgestellten Kerne des Epithels sich mit den quergestellten Kernen der Ringmuskeln kreuzen (Fig. 129). Zwischen Epithel- und Muskelschlauch finden wir wieder elastische Elemente, die nun zur Bildung einer elastischen Membran sich zusammengeschlossen haben. Von außen

liegt der Muskelschicht eine dünne längsfaserige Bindegewebsschicht auf.

Mitteldicke Arterien, zu denen wir beim Menschen Gefäße von der Dicke der A. supraorbitalis bis zu der der A. brachialis rechnen, geben die für den Bau der Arterienwand typischsten Bilder, wie sie in Fig. 130 im Querschnitt dargestellt sind. Das Gefäßlumen, in unserer Abbildung mit Blut gefüllt, wird umsäumt von den Zellen des Epithelschlauchs, von denen hier nur die Kerne sichtbar sind. Nach außen folgt eine nur sehr wenig hervortretende Lage von längsverlaufenden Bindegewebsfäserchen, untermischt mit feinen, ebenfalls längsverlaufenden elastischen Fasern. Diese Bindesubstanzlage bildet

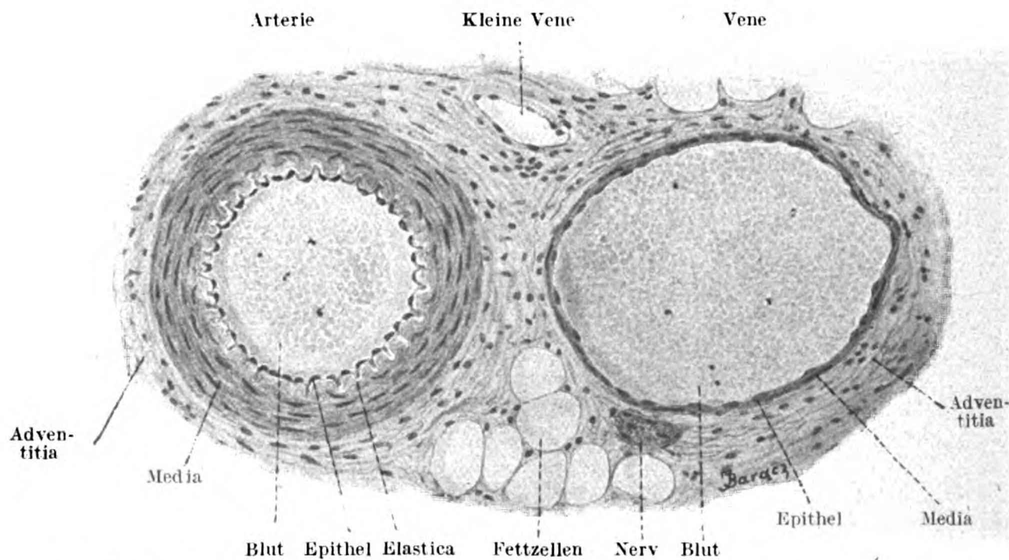


Fig. 130. **Querschnitt durch eine mitteldicke Arterie und eine zugehörige Vene vom Hunde.**

Ca. 220mal vergrößert.

mit der nun folgenden elastischen Membran, Elastica interna, zusammen die Innenhaut, die Intima der Arterie. Die Elastica interna tritt immer sehr markant in welligem Kontur, halskrausenartig hervor. Sie stellt eine kontinuierliche, durch Verschmelzung elastischer Fasern entstandene und mit Lücken versehene Lamelle dar.

Der Intima liegt nach außen die dicke Muskelschicht, die Media, auf. Sie setzt sich gegen die zu äußerst liegende Adventitia durch eine, allerdings nicht immer vollständige, elastische Membran ab, die Elastica externa, die ähnlich wie die Elastica interna geschlängelt erscheint. Ausnahmsweise kann sie fehlen. Die Media wird in ihrer Hauptmasse gebildet durch zirkulär verlaufende, in zahlreichen Schichten angeordnete Muskelzellen. Längsverlaufende, also im Gefäßquerschnitt quer getroffene Muskelzellen finden sich in der Media

mittlerer Arterien nur relativ selten, so besonders an den Teilungsstellen. Zwischen den Muskelzellen tritt Bindegewebe auf mit mehr oder weniger zahlreichen, meist stark geschlängelt verlaufenden elastischen Fasern. Die letzteren können innerhalb der Media Netze bilden. Außerdem sind in kleinen und mitteldicken Arterien senkrecht zum

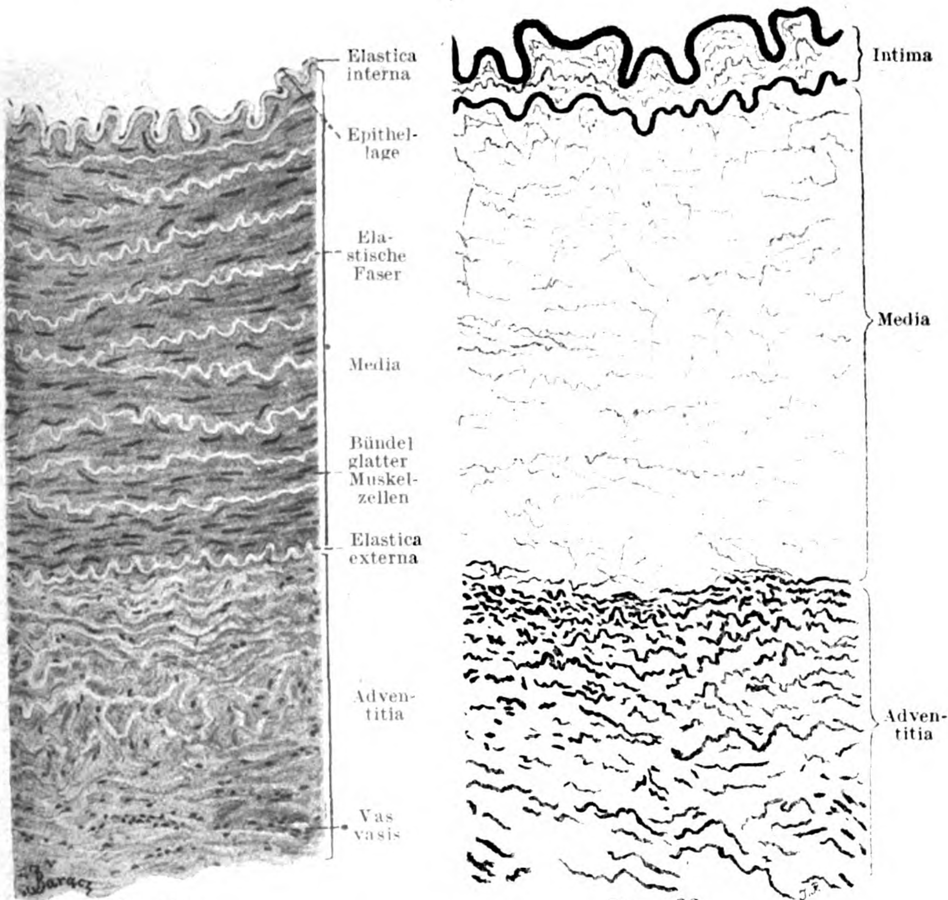


Fig. 131. Stück eines Querschnittes der A. femoralis des Hundes.
Ca. 150mal vergrößert.

Fig. 132. Querschnitt durch die A. femoralis des Menschen.
Es sind nur die elastischen, mit Resorzin-Fuchsin gefärbten Fasern zu sehen.
Ca. 230mal vergrößert.

Gefäßlumen verlaufende feine elastische Fasern zu bemerken, sog. radiäre Fasern (Schiefferdecker, Grünstein, Dürck, Rothfeld). Ihren Ursprung nehmen sie von der Elastica externa, indem sich von dieser einzelne Fasern oder ganze Büschel zarter Fasern abtrennen, die sich dann auflösen und in radiärem Verlauf die Media durchsetzen. In kleinen Arterien ziehen die radiären Fasern durch

die ganze Breite der Media und inserieren an der Elastica interna (Rothfeld) (siehe Fig. 255).

Die Adventitia bildet die äußere Bekleidung der Media. Sie besteht zum überwiegenden Teil aus Bindegewebe mit eingelagerten elastischen Fasern. Die letzteren verlaufen in den inneren Abschnitten der Adventitia vorwiegend longitudinal, in den äußeren mehr zirkulär. Auch Muskulatur kommt der Adventitia der

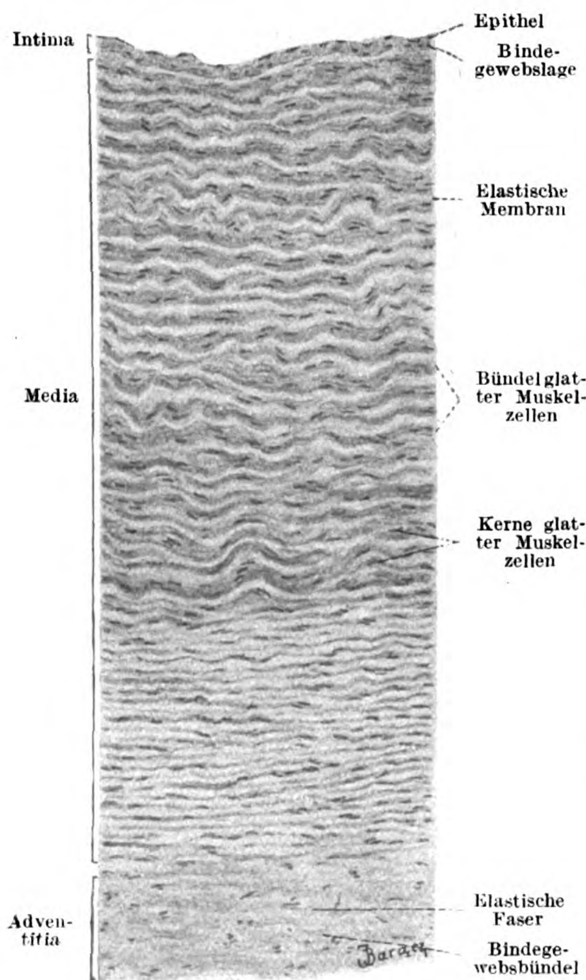


Fig. 133.

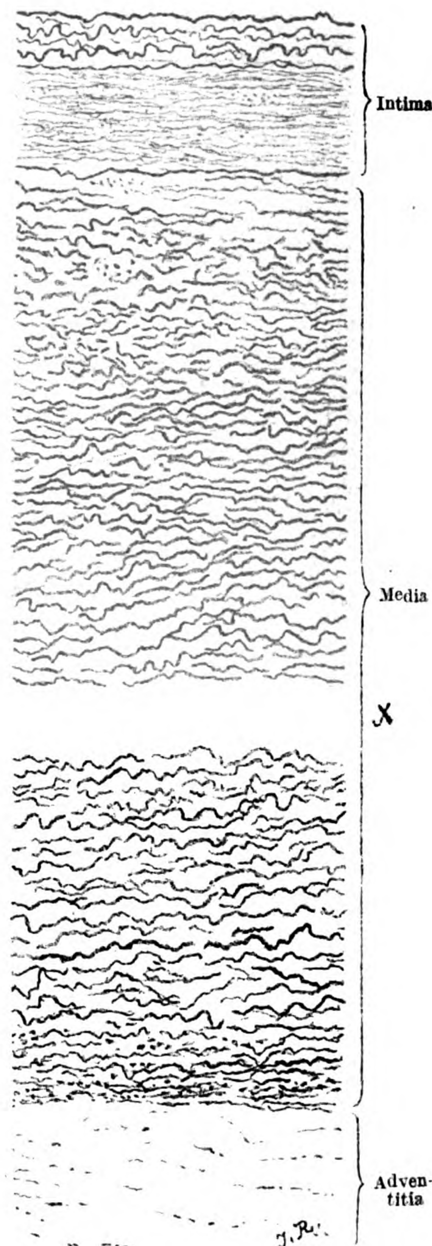


Fig. 134.

Fig. 133. Stück eines Querschnittes durch die Aorta des Hundes.
Ca. 140mal vergrößert.

Fig. 134. Längsschnitt durch die Aorta des Menschen.
Es sind nur die elastischen, mit Resorzin-Fuchsin gefärbten Fasern und Lamellen zu sehen.
Ca. 260mal vergrößert.
Bei × sind in der Zeichnung 17 cm der Media ausgelassen, weil die Figur sonst zu groß würde.

mittleren Arterien zu, und zwar finden sich längslaufende Muskelzellen in den inneren und mittleren Partien, allerdings meist nur in wenig umfangreichen Bündeln. Verhältnismäßig stark entwickelt sind sie in der A. lienalis und dorsalis penis.

Von dem soeben dargestellten Bau zeigen die Arterien großen Kalibers, wie Carotis communis, Subclavia, Femoralis, Iliaca communis und Aorta folgende Unterschiede (Fig. 131—134). Die Epithelzellen werden nach dem Herzen zu immer kürzer und stellen in der Aorta polygonale Platten dar. Die Intima zeigt nur unwesentliche Verschiedenheiten, bloß ihre Elastica interna stellt keine einfache elastische Membran mehr dar, sondern löst sich in zwei Lamellen, eine Lamina interna und externa auf (Grünstein) (Fig. 132). In der Aorta dagegen tritt die Lamina interna elasticae internae in Form längsverlaufender elastischer Fasern auf (Fig. 134). In der Media nehmen die elastischen Elemente immer mehr zu. Es wechselt immer eine Lage Muskelzellen mit einer Lage Bindegewebe, welch letztere in ihrer Mitte elastische Fasern (Femoralis, Iliaca) oder elastische, konzentrisch angeordnete Lamellen (Carotis communis, Subclavia und Aorta) umschließt. Sowohl die Aorta an ihrem Ursprung aus dem Herzen, als auch die Pulmonalis sind ein kurzes Stück weit ganz frei von Muskeln (Eberth). Die elastischen Lamellen treten in Form von gefensterten Häuten auf, die sich spalten und miteinander verbinden. Der Adventitia fehlt die Muskulatur, auch kommt es in der Aorta nicht mehr zur Entwicklung einer Elastica externa (Fig. 133 und 134).

Einige Worte noch über die Arterien der Schädelhöhle, die sich in einigen Punkten von den gleichkalibrigen Körperarterien unterscheiden. Sie zeigen eine Abnahme der elastischen Elemente in der Media und Adventitia, was sich daraus erklärt, daß diese Arterien, durch die sie umgebende knöcherne Schädelkapsel äußeren Einflüssen (Deformierung durch Druck und Zug) vollständig entrückt sind. Die gefensterte Elastica interna ist in den Gehirnarterien gut entwickelt. Das elastische Gewebe der Media besteht aus einzelnen zirkulären dünnen Fasern, welche sich bei Kleinerwerden der Gefäße allmählich verlieren. Ebenso fehlt ihnen vollständig eine Elastica externa. In der Adventitia finden wir nur in der inneren Partie dichtgedrängte, zirkulär verlaufende elastische Fasern, welche direkt der Media anliegen (Triepel).

Die Venen.

Die Venenwand unterscheidet sich in ihrem Bau von der Arterienwand in vieler Beziehung ganz beträchtlich. Die Wand der Venen ist immer relativ dünner als die der Arterien, was hauptsächlich auf eine schwächere Entwicklung der Media zurückzuführen ist (Fig. 130). Sie ist gegenüber der Arterienwand als arm an Muskulatur und elastischen

Elementen zu bezeichnen (Fig. 135). Dagegen zeigt die Adventitia in den Venen eine stärkere Entwicklung als in den Arterien. Dies bedingt eine gewisse Schlaffheit und Zusammendrückbarkeit der Venenwandung, gepaart mit erheblicher Dehnbarkeit. Überdies ist es für die Venen charakteristisch, daß ihre Wände niemals eine solche ihrem Kaliber entsprechende Regelmäßigkeit und Gesetzmäßigkeit in der Anordnung ihrer Elemente, wie die Arterienwände, zeigen. Dazu kommen noch in den Venen Einrichtungen, die die Arterien nicht besitzen, und die dem Blutstrom nur die Bewegung nach dem Herzen hin gestatten. Es sind das die Venenklappen.

Die Zellen des Epithelrohres gleichen denen der Arterien, doch sind sie im großen und ganzen nicht so langgestreckt, sondern mehr polygonal. Die Intima ist schwach entwickelt und fehlt manchen

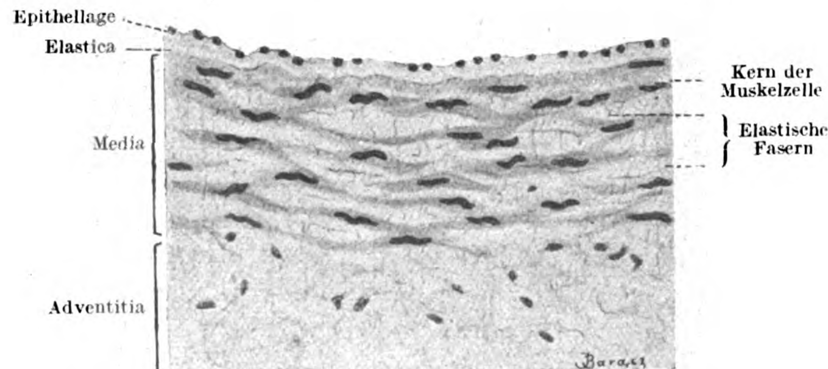


Fig. 135. Stück eines Querschnittes durch eine mittlere Vene des Hundes. Ca. 280mal vergrößert.

Venen ganz (Cava, Jugularis, Axillaris, Portae). Kleinere Venen besitzen oft eine stärkere Intima als größere. Charakteristisch ist das Vorkommen von Muskelzellen in der Intima, die meist schräg oder längs verlaufen; besonders an den Venen der unteren Extremität sind sie gut entwickelt und erreichen ihre größte Mächtigkeit in der V. poplitea. Eine Elastica interna findet sich immer, auch schon in den ganz kleinen Venen, in denen sie, wie auch in den mitteldicken, durch feine Netze elastischer Fasern dargestellt wird. Nur in den großen Venen kommt es zur Bildung einer geschlossenen Elastica interna.

Wie schon vorher erwähnt, ist die Media in den Venen nur relativ schwach entwickelt. Ihr Gehalt an Muskulatur ist ein außerordentlich schwankender; bei einer ganzen Anzahl von Venen besteht sie ausschließlich aus Bindegewebe und elastischen Fasern, so sind die Vv. jugulares externa und interna und subclavia in der Nähe ihrer Mündung in ihrer Media ganz ohne Muskulatur. Die stärkste

Entwicklung zeigt die Muskulatur der Media wieder in der unteren Extremität, hier finden sich in ihr Ring- und Längsmuskeln. Die elastischen Fasern bilden in der Media der Venen niemals so starke gefensterte Membranen wie in den Arterien, sondern meist feine Fasernetze.

Die Adventitia ist in den Venen stärker entwickelt als in den Arterien und zeigt auch eine gewisse Konstanz, indem ihre Stärke im allgemeinen auch mit wachsendem Gefäßdurchmesser zunimmt (Fig. 136). Charakteristisch für sie ist die geringe Entwicklung ihrer elastischen Elemente und der starke Gehalt an Muskelzellen. Die ersteren bilden immer nur Netze, niemals Häute, die letzteren sind längsverlaufend und können unter Umständen zu einer geschlossenen Längsmuskelschicht zusammentreten.

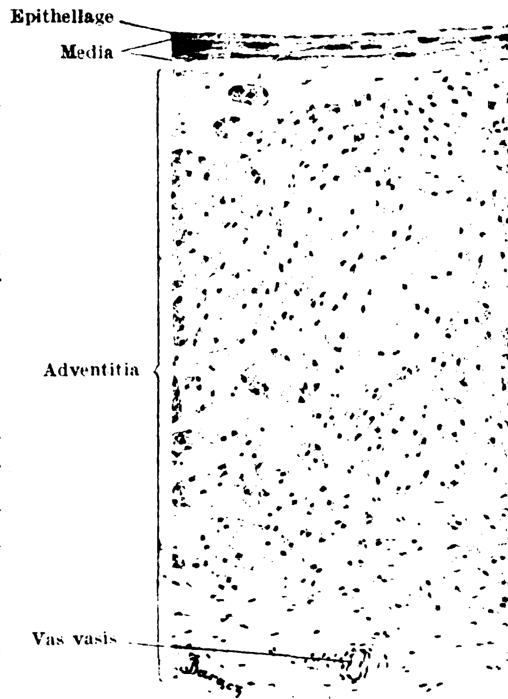


Fig. 136. Stück eines Querschnittes der V. cava inferior des Hundes.
Ca. 150 mal vergrößert.

Die Venenklappen finden sich nicht in allen Venen des menschlichen Körpers. Sie sind am zahlreichsten in den Extremitätenvenen und stehen hier in ganz regelmäßigen Abständen. Ganz frei von Klappen sind alle kleinen Venen, ferner die meisten Eingeweidevenen und die Vv. cava superior und inferior. Man kann die Venenklappen als Duplikaturen der Intima bezeichnen, doch sind sie stets vollkommen frei von Muskulatur (Fig. 137). Die Klappe erhebt sich mit breiter Basis aus der Venenwand, um zentralwärts sich ganz gleichmäßig und allmählich zu verdünnen. In der Klappenbasis endet die Muskulatur mit etwas verdicktem Rand, so daß die erstere von einem verdickten Muskelwall umgeben ist. Jenseits der Klappenbasis fehlt die Muskulatur in der Media und Intima der Venenwand vollständig und tritt erst jenseits des Klappensinus allmählich wieder auf. Die Substanz der Klappe selbst besteht im wesentlichen aus zirkulär verlaufenden Bindegewebsfasern, vermischt mit elastischen Fasern. Die letzteren verdichten sich auf der inneren Klappenfläche zu einem ganz oberflächlich gelegenen Netzwerk, das der Außenfläche vollkommen fehlt. Das

Gefäßepithel überzieht kontinuierlich die ganze Klappe; seine Zellen sind auf der Außenfläche unregelmäßig polygonal, auf der Innenfläche dagegen langgestreckt.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß der einigermaßen Geübte unter dem Mikroskop immer sofort wird unterscheiden können, ob es sich in einem gegebenen Falle um eine Arterie oder Vene handelt. Für den Anfänger wollen wir die wichtigsten Unterscheidungspunkte noch einmal kurz hervorheben:

Die Arterie hat immer im Vergleich mit der ihr korrespondierenden Vene eine dickere Wandung und ein engeres Lumen.

Die Arterie hat immer eine gut abgesetzte Media, die reich an Muskulatur und elastischen Fasern ist.

Die Vene hat dagegen eine stärkere Adventitia, in der sich fast immer längsverlaufende Muskelbündel finden.

Das Arterienlumen erscheint meist weit klaffend, das Venenlumen dagegen kollabiert. Das erstere enthält selten, das letztere meistens größere oder geringere Mengen von Blut.

Die innere Begrenzung einer quer durchschnittenen Arterie ist wellenförmig, da die Intima und das Epithelrohr infolge der Kontraktion der Muskelelemente der Media Längsfalten bilden. Solche Falten sind in den Venen nicht zu sehen.

Die mittleren und großen Gefäße sind mit besonderen Gefäßen zur Ernährung ihrer Wand versehen, Vasa vasorum, und zwar erhält jedes Gefäß eine Arterie, aus der sich zwei Venen entwickeln. Sie verlaufen in den Arterien in der Adventitia und dringen mit ihren Kapillarmaschen auch in die Media (Fig. 136), bei den Venen dagegen bis in die Intima vor.

Auch Lymphgefäße begleiten und umspinnen die Blutgefäße. Sie können als geschlossene, mit Epithel ausgekleidete Röhren die feinen Arterien umscheiden, so daß die ernährende Flüssigkeit, um von dem durchströmenden Blut zu dem betreffenden Organ zu kommen, erst das Lymphgefäß passieren muß. Solche perivaskuläre Lymphräume finden wir an den Gefäßen vieler Drüsen, im Zentralnervensystem, in der Iris, im Knochen und im Knochenmark.

Die Nerven der Gefäße stammen aus dem N. sympathicus. Sie bilden nach Ranvier zunächst innerhalb der Adventitia einen unregelmäßigen, langmaschigen Plexus fundamentalis; aus ihm dringen die Fasern bis zur Media vor und bilden in deren äußersten Schichten einen Plexus perimuscularis, aus dem wiederum Fasern hervorgehen, die innerhalb der Media einen dritten Plexus, den Plexus intramuscularis, bilden. Die aus ihm abzweigenden Fäserchen endigen mit

kleinen Anschwellungen an den glatten Muskelzellen. Nach Dogiel treten an die Gefäßwand auch markhaltige sensible Nervenfasern heran; sie zerfallen hier in zahllose feine Fäserchen, die sich vielfach miteinander verflechten und in hirschgeweihartige, zwischen Media und Adventitia gelegene Bildungen auslaufen.

Das Herz.

Am Herzen können wir, ähnlich wie an den Blutgefäßen, vier, seine Wand konstituierende Schichten unterscheiden:

1. das Epithel des Herzens,
2. das Endokardium,
3. das Myokardium und
4. das Epikardium.

1. Das Epithel des Herzens. Das Gefäßepithel setzt sich aus den großen, in das Herz einmündenden resp. aus ihm entspringenden Gefäßstämmen kontinuierlich auf das Herz fort, um die gesamte Innenfläche auszukleiden. Die Epithelzellen des Herzens gleichen auch ganz denen der großen Gefäße, es sind polygonale, etwas in die Länge gezogene, platte Zellen, deren Durchmesser zwischen 15 und 27 μ schwankt.

2. Das Endokardium zeigt in seinen Bauverhältnissen eine gewisse Übereinstimmung mit der Intima der Blutgefäße. Es besteht wie diese aus Bindegewebe, untermischt mit elastischen Fasern, nur sind die letzteren hier in weitaus größerer Mächtigkeit entwickelt wie in der Gefäßintima. Vor allem ist es das Endokard der Vorhöfe, das außerordentlich reich an elastischen Fasern ist. Sie bilden sowohl weitere und engere Netze als auch starke elastische Platten. Zu diesem Bindegewebe gesellen sich dann noch ganz wie in den mittleren Venen glatte Muskelzellen. Bei vielen Säugetieren (Huftiere) und Vögeln, am schönsten beim Schaf und bei der Taube, treten an Stelle dieser glatten Muskelzellen quergestreifte, von Purkinje entdeckte und nach ihm als Purkinjesche Fäden bezeichnete Fasern. Diese Fasern verzweigen sich, anastomosieren miteinander und bilden so ein dicht unter der Ventrikelinnenfläche gelegenes muskulöses Netzwerk. Die Fasern zeigen uns in ihrem Bau gewissermaßen embryonale Verhältnisse. Auf dem Querschnitt wird die Fasermitte eingenommen von einem undifferenzierten Protoplasma, das neben den Kernen zahlreiche Mitochondrien enthält (Tang) (Taf. XIII, Fig. 138a und b). Die Peripherie der Zelle dagegen wird gebildet von kontraktilen Fibrillen, die in Form eines Mantels das Protoplasma umhüllen. Wir haben also hier Verhältnisse, wie wir sie früher bei den embryonalen Muskeln geschildert haben.

Das Endokardium wird mit dem Myokardium durch ein lockeres Bindegewebe verbunden, welches mehr oder weniger stark von Fettzellen durchsetzt ist und Blutgefäße und Nerven für das Endokard enthält.

3. Das **Myokard** bildet den wichtigsten und überwiegenden Bestandteil der Herzwand und setzt sich aus den früher beschriebenen charakteristischen Herzmuskelfasern zusammen. Diese besitzen außer den beim Skelettmuskel beschriebenen Sarkosomen und Mitochondrien auch Fett in Tröpfchen, die sich in Reihen zwischen den Fibrillen oder Muskelsäulchen und im zentralen perinuklearen Sarkoplasma befinden (Bullard). Die Fasern werden durch Züge von lockerem Bindegewebe zu feineren und gröberen Muskelbündeln vereinigt, welche in sehr charakteristischer Weise in den einzelnen Teilen des Herzens angeordnet sind. Der spezielle Verlauf dieser Bündel ist Sache der systematischen Anatomie, nur einige kurze Angaben seien hier angebracht.

Im Herzen sind zwei Muskelsysteme vorhanden: eine getrennte Vorhofs- und Kammermuskulatur und ein den Vorhöfen und Kammern gemeinsames Muskelsystem. In der ersteren unterscheiden wir wieder solche Muskelbündel, welche beiden Kammern resp. Vorhöfen gemeinsam sind, und solche, welche nur einer Kammer oder einem Vorhof eigen sind. Alle Kammerbündel gehen aus von den Annuli fibrosi, zwei derben bindegewebigen, zahlreiche elastische Fasern enthaltenden Ringen, von denen der eine den rechten Vorhof und die rechte Kammer, der andere den linken Vorhof und die linke Kammer gegeneinander abgrenzt. Die den Kammern gemeinsamen Muskelbündel ziehen vom Annulus fibrosus in einer das Kammergebiet äußerlich umhüllenden Schicht schräg von oben nach unten zur Herzspitze, hier wenden sie spiralig um, bilden eine Art Wirbel und steigen nun an der Innenfläche der Kammern in die Höhe, und zwar so, daß die Richtungen der äußeren und inneren Fasern sich kreuzen. An der Vorderfläche laufen sie von rechts oben nach links unten, an der Hinterfläche von links oben nach rechts unten. An der Innenfläche der Kammern gehen sie über in die Trabeculae carneae und die Musculi papillares. Die Eigenbündel der Kammern sind zwischen die äußere und innere Lage der vorigen eingeschoben und bilden in jeder Kammer einen mächtigen muskulösen Sack. Die Eigenbündel der Vorhöfe bilden einmal muskulöse Ringe um die sich in die letzteren öffnenden Gefäße herum, dann aber machen sie, schlingenförmig jeden Vorhof umkreisend, die Hauptmasse seiner Muskulatur aus. Die gemeinsamen Bündel umkreisen in dünner äußerer Schicht beide Vorhöfe.

Außerdem aber findet sich noch ein Muskelsystem, das den Vorhöfen und Kammern gemeinsam ist und die sonst scharf getrennte Vorhofs- und Kammermuskulatur miteinander verbindet. Es tritt auf

in Form der von Gaskell, Stanley und His zuerst beschriebenen Brückenfasern (Hissches Bündel, Atrioventrikularbündel, Fasciculus atrioventricularis). Dieses Bündel ist von der übrigen Herzmuskulatur scharf durch Bindegewebe getrennt; es entspringt an der Muskelwand des rechten Vorhofs in der Gegend der Valvula sinus coronarii mit einer knotenartigen Bildung (Tawarascher Knoten), verläuft über dem Triskuspidalsegel nach vorn, verbindet sich dabei mit der Muskulatur der Vorhöfe, tritt dann in das Septum ventriculorum ein und spaltet sich in ihm in einen rechten und einen linken Schenkel, die beide nach Tawara unter dem Endokard der Ventrikel und in den Papillarmuskeln endigen. Was ihren histologischen Bau anbelangt, so entsprechen sie jenen in Entwicklung begriffenen Muskelbündeln, die reichliches Sarkoplasma in der Achse und einen peripher gelegenen Mantel von kontraktilen Fibrillen enthalten, und da, wo Purkinjesche Fasern vorhanden sind, bilden die letzteren immer die letzten Endausbreitungen des Atrioventrikularbündels. Geflechte markloser Nervenfasern und einzeln oder in kleinen Gruppen auftretende Ganglienzellen begleiten das Bündel in seinem Verlauf. Es wird ihm die Bedeutung eines Vermittlers der koordinierten Pulsation von Herzvorhöfen und Kammern zugeschrieben und es wird wegen seiner Bedeutung als Reizüberträger vom Vorhof zur Kammer auch als Reizleitungsbündel bezeichnet.

Das elastische Gewebe ist in dem jugendlichen Myokard nur sehr schwach vertreten, nimmt aber im Laufe des Lebens immer mehr zu in dem Maße, als die Muskulatur den Anforderungen an die Elastizität der Herzwand nicht mehr zu entsprechen vermag. Es umspinnen dann die elastischen Fasern, besonders in den unter der Aortenwurzel gelegenen Muskelpartien, die Muskelfasern in starken Netzen und bilden so eine wirksame Unterstützung der Muskulatur für die Öffnung des Herzens im Beginn der Diastole (Krehl).

4. Das Epikardium bildet eine starke bindegewebige Haut mit zahlreichen elastischen Fasern, welche sich nach innen zu einer mehr kontinuierlichen elastischen Membran anordnen. Es ist durch ein lockeres, von zahlreichen Fettzellen durchsetztes, subseröses Bindegewebe mit dem Myokard verbunden. Außen wird das Epikard bekleidet von einem einfachen niedrigen Plattenepithel, dessen polygonale Zellen recht verschieden groß sind.

Die Herzklappen sind im wesentlichen als Duplikaturen des Endokards zu betrachten. Sie besitzen einen bindegewebigen Grundstock, der beiderseits von Epithel bekleidet ist. Im Kindesalter enthalten alle Klappen auch Muskelfasern, die aber nach und nach verschwinden. Nur die Atrioventrikularklappen des Erwachsenen zeichnen sich noch durch einen geringen Muskelgehalt aus.

Das **Perikard** besitzt ganz denselben Bau wie das Epikard, in welches es ja kontinuierlich übergeht.

Die **Blutversorgung** des Herzens ist bekanntlich eine außerordentlich reiche. Die Arterien stammen aus den Aa. coronariae, ihre Äste dringen in das Myokard ein, verzweigen sich hier innerhalb des Bindegewebes vielfach und umspinnen schließlich die Muskelfasern mit langen Kapillarmaschen. Die Venen entsprechen in ihrem Verlaufe den Arterien.

Entsprechend dem Blutgefäßnetze zeigen auch die **Lymphgefäße** des Herzens eine starke Entwicklung. Wir unterscheiden ein endokardiales, ein myokardiales und ein epikardiales Lymphgefäßnetz. Das erste und das letzte bestehen aus geschlossenen Bahnen, im Myokard dagegen stehen die geschlossenen Bahnen mit dem weiten Spaltennetz, welches sich zwischen die einzelnen Muskelfasern schiebt, in offener Verbindung; in diesen Muskelinterstitien müssen wir die Wurzeln der Herzlymphgefäße suchen.

Die **Nerven** des Herzens stammen aus dem von den Nn. vagi und vom Sympathikus gebildeten Herzgeflecht, Plexus cardiacus, und gelangen in zahlreichen feinen Zweigen mit den großen Gefäßen zur Herzbasis. Hier zweigen sie teils direkt zu den Vorhöfen ab, teils gelangen sie mit der A. coronaria dextra et sinistra zu den Ventrikeln. In der Herzwand bilden sie zuerst einen oberflächlich in dem Epikard gelegenen Plexus, dann einen zweiten innerhalb des Myokards gelegenen und endlich einen dritten, endokardialen. Die Herznerven sind sehr reich mit Ganglienzellen durchsetzt, am reichlichsten an der Atrioventrikulargrenze und in der Tiefe des Sulcus longitudinalis anterior. Es sind das insgesamt mit einer Kapsel umgebene Zellen vom sympathischen Typus.

Nach **Michailow** zeigen die **Herznerven** in den einzelnen Schichten folgendes Verhalten:

Im **Herzbeutel** bilden die herantretenden Nerven ein dichtes Netz und enden teils in eingekapselten Nervenknäueln, teils in freien baum-, knäuel-, netz- und girlandenförmigen Endapparaten. Im **Epikardium** bilden die Nerven sehr verwickelte Geflechte, in deren Verlaufe sich einzelne oder zu Ganglien vereinigte sympathische Ganglienzellen mit mehreren Fortsätzen finden. Die meisten Ganglien liegen an der Grenze des Myokards. Jedes Herzganglion steht in Verbindung mit einer großen Zahl von markhaltigen und marklosen Nervenfasern, von denen die einen in das Ganglion ein-, andere aus demselben austreten. Die austretenden Fasern sind überwiegend Fortsätze von Zellen desselben Ganglions, seltener durchlaufende Fasern. Die hinzutretenden Fasern aber sind teils Fortsätze von Zellen benachbarter Herzganglien, teils treten sie in das Herz von außen her ein. Sie endigen in den Herzganglien mit interkapsulären, perikapsulären oder perizellulären (intrakapsulären) Nervengeflechten oder Netzen. Die markhaltigen und marklosen Nervenfasern des epikardialen Geflechtes enden im Bindegewebe des Epikardiums entweder frei (uneingekapselt) in Form von Endbäumchen, Knäueln, maschen- und plattenartigen Endapparaten oder in eingekapselten Endknäueln verschiedener Art. Die Innervation des **Myokardiums** wird zum Teil von Fasern besorgt, welche von außen her in das Herz gelangen, teils wieder von Fasern, die von den Ganglienzellen des Herzens ausgehen; letztere liegen hauptsächlich an der Grenze zwischen dem Myokardium und

dem Epikardium. Im Myokardium bilden die größtenteils marklosen Fasern um die einzelnen Muskelfasern herum ein Geflecht und enden mit kleinen runden Endknöpfchen oder auch mit rosenkranzartig hintereinandergereihten Verdickungen an der Oberfläche der Muskelfasern. Im **Endokardium** stammt das stark entwickelte Nervengeflecht von Nerven ab, welche in dem epikardialen Plexus ihren Ursprung haben und das Myokardium fast unverzweigt durchdringen. Hier endigen die Nerven im Bindegewebe als eingekapselte und freie Endknäuel und netz- und baumförmige Endapparate.

Die Milz.

Die **Milz** ist die größte der in den Blutkreislauf eingeschalteten Drüsen. Sie ist rein mesodermaler Herkunft und erscheint zuerst als Zellhaufen innerhalb des Mesogastriums, zu dem sich später noch Zellen des Zölomepithels gesellen.

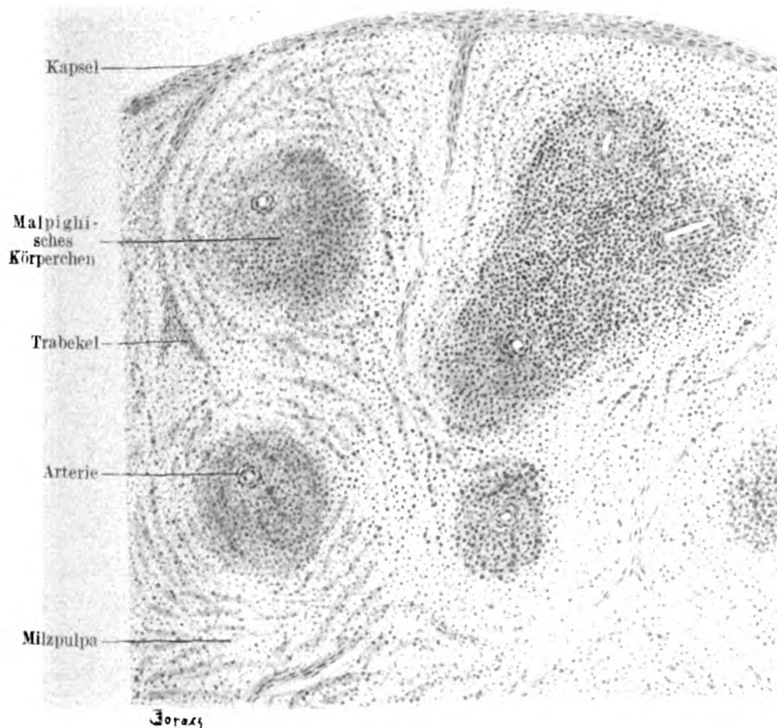


Fig. 139. Stück eines Schnittes durch die Milz eines Affen.
Ca. 60mal vergrößert.

Die Milz wird umhüllt von einer starken bindegewebigen **Kapsel**, welche neben elastischen Fasern auch glatte Muskeln enthält. Die letzteren sind beim Menschen schwächer entwickelt als bei vielen Tieren (Schwein, Schaf). Am Hilus dringt die Kapsel mit den Gefäßen in das Innere des Organs ein. Von ihrer ganzen inneren Oberfläche gehen zahlreiche Balken aus, die **Milztrabekel**, welche ins Milzinnere eindringen, sich nach kurzem Verlauf teilen, miteinander anastomosieren und so ein das ganze Organ durchziehendes Balken-

werk bilden, das an der Peripherie etwas regelmäßigere, nach innen aber ganz unregelmäßige Hohlräume umschließt (Fig. 139).

Diese Hohlräume sind mit der Milzpulpa ausgefüllt, die im frischen Zustand infolge ihres großen Blutreichtums eine dunkelrote Farbe besitzt (rote Pulpa). Die Pulpa ist ein von zahlreichen Gefäßen durchsetztes lymphoides Gewebe, oder, mit anderen Worten, es füllt die Pulpa alle von den Gefäßen und Milzbalken freigelassenen Stellen des Milzinneren aus. Die Grundlage dieses lymphoiden Gewebes bilden in der Hauptsache die Gitterfasern (Matsui). Diese Fasern zweigen überall aus dem die Trabekel zusammensetzenden Bindegewebe in die Pulpa ab und lösen sich in ein Netzwerk feinster Fasern auf (Fig. 141). Dabei ändern die Fasern ihre Eigenschaften, so daß sie durch die gewöhnlichen Färbungsmethoden nur schwer nachzuweisen sind, lassen sich jedoch durch Versilberung außerordentlich schön zur Darstellung bringen. Neben den Gitterfasern finden sich in dem lymphoiden Gewebe der Milzpulpa noch die Retikulumzellen, große verzweigte Zellen, welche mit ihren Ausläufern die Gitterfasern auf lange Strecken umgeben oder sich ihnen doch außerordentlich innig anlagern (Fig. 140).

In seinen Maschen enthält das Retikulum der Milzpulpa folgende Zellarten: 1. Große Lymphozyten mit einem oder mehreren Kernen. 2. Neutrophile und eosinophile Zellen (siehe Blut). 3. Phagozyten, große, meist einkernige Zellen, die in ihrem Körper rote Blutkörperchen oder deren Zerfallsprodukte (Pigmentschollen) enthalten (Fig. 140). 4. Rote Blutkörperchen und Trümmer von solchen. 5. Blutplättchen und kleine, freiliegende Körnchen, die Molekularbewegungen ausführen und mit der Entwicklung der Blutplättchen in Zusammenhang gebracht werden. 6. Kernhaltige, d. h. junge, rote Blutkörperchen, kommen nur in der Milz des Fetus und Kindes vor. Man trifft sie auch bei Erwachsenen nach sehr starken Blutverlusten. 7. Riesenzellen (Megakaryozyten). Die letzteren finden sich ebenfalls beim Erwachsenen nicht, wohl aber bei Embryonen. Außerordentlich zahlreich sind sie in der Milz mancher Tiere vertreten, vor allem beim Igel und beim Maulwurf. Es sind das große, bis zu 50 μ im Durchmesser haltende Zellen, deren Kerne die allerverschiedensten Formen zeigen und bedeutende Größe erreichen. Sie können gelappt sein oder einen Haufen kleinerer, durch Sprossen miteinander in Verbindung stehender Kerne darstellen. Sie können Korbform besitzen (Arnold und Denys) oder Hohlkugeln, Kugelschalen ähneln (M. Heidenhain), so daß dann das Zellprotoplasma in ein intranukleäres Endoplasma und ein extranukleäres Exoplasma zerfällt, welche beide durch Verbindungsbrücken, die die Substanz des kugelschalenförmigen Kernes durchziehen, miteinander verbunden

sind. Nach Pugliese entstehen aus diesen eigenartigen Zellen durch Sprossung und Zerfall die Lymphozyten.

Außer dieser roten Pulpa besitzt die Milz lymphoides Gewebe noch in Form der 0,2—0,7 mm großen sog. Malpighischen Körperchen, Noduli lymphatici lienales, die sich durch ihre helle, grauweiße Färbung von der roten Pulpa sehr charakteristisch in Form rundlicher oder länglicher Flecke abheben. Man kann sie in ihrer Gesamtheit auch der roten Pulpa als weiße Pulpa gegenüberstellen. Ihre hellere Färbung verdanken die Körperchen dem Umstande, daß sie in der zentralen Partie keine roten Blutkörperchen frei im Retikulum enthalten. Bau und Anordnung dieser Gebilde soll sogleich besprochen werden.

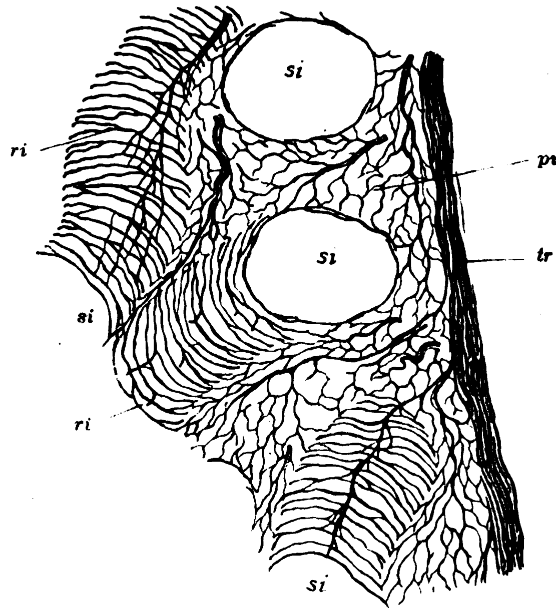


Fig. 141. Bindegewebe der menschlichen Milz. Gefrierschnitt nach Bielschowsky, versilbert.
si Milzsinus, *ri* Ringfasern der letzteren, *tr* Milztrabekel, *pu* Milzpulpa mit dem Netzwerk der Gitterfasern. Ca. 600 mal vergrößert.

Die Blutgefäße spielen naturgemäß in der Milz eine außerordentlich wichtige Rolle und der Bau des Organs läßt sich nur an der Hand einer genauen Beschreibung des Blutgefäßverlaufs verständlich machen (vgl. Fig. 143). Über die Details dieses Verlaufs herrschten noch bis vor kurzem weitgehende Differenzen unter den Forschern, die aber heute bis zu einem gewissen Grade als erledigt betrachtet werden dürfen, obgleich die Frage, ob sich in der Milz, wie in anderen Organen, ein geschlossener (Helly) oder ein offener, mit dem Retikulum in Verbindung stehender (Weidenreich, Mollier) Blutkreislauf findet, noch bis auf den heutigen Tag nicht als definitiv entschieden gelten kann. Wir folgen in unserer Beschreibung den eingehenden Untersuchungen von Weidenreich. Die Arterien der Milz, Zweige der Aa. lienalis, gastroepiploica sinistra und gastrica dextra treten am sog. Hilus in das Organ ein, verzweigen sich, ohne sich jedoch miteinander zu verbinden, außerordentlich reichlich und verlaufen dabei innerhalb der Milzbalken (Fig. 143). Haben die Arterienäste einen ungefähren Durchmesser von 200 μ erreicht, so treten sie

aus den Trabekeln heraus und sind nun bis zu einem Durchmesser von 15 bis 20 μ von einer Scheide von retikulärem Gewebe umgeben, das von zahlreichen Lymphozyten durchsetzt ist. Eine solche aus adenoidem Gewebe bestehende Arterienscheide bildet bei manchen Tiergattungen, z. B. Nagern, eine kontinuierliche Hülle um die Arterie. Bei anderen Tieren und beim Menschen ist sie auf einzelne umschriebene Stellen beschränkt und stellt ovoide oder kugelige Verdickungen dar. Sie tritt also hier in Form follikelartiger Bildungen auf, welche als Milzknötchen oder Malpighische Körperchen bezeichnet werden (Fig. 139, 142, 143 MK). In ihrem Innern können Herde auftreten, in denen sich Lymphozyten vermehren, wovon indirekte Kernteilungsfiguren Kunde geben. Es sind dies die sog. Keimzentren. Die Milzknötchen finden sich mit Vorliebe an den Verzweigungsstellen der kleinen Arterien. Das Knötchen wird in der Mitte oder näher am Rande von der sog. Zentralarterie (ZA) durchbohrt. Nach außen gehen die adenoiden Scheiden (die weiße Pulpa) in das retikuläre Gewebe der Pulpa, d. h. in die rote Pulpa über. Im Retikulum der Arterienscheiden und der Milzknötchen nehmen ihren Anfang ferner Kanälchen, welche in die gleich zu besprechenden Milzsinus führen. Sie leiten die in den Milzknötchen gebildeten Elemente den Sinus zu und stellen so Abfuhrwege für die in der weißen Pulpa gebildeten weißen Blutzellen dar. Wir bezeichnen sie mit Weidenreich als Lymphröhrchen.

Wenn das Arterienlumen bis auf ungefähr 15 μ gesunken ist, verliert sich die Scheide und nun zerfällt die Arterie pinselartig innerhalb der Pulpa in zahlreiche Zweige. Es entstehen so die von Ruysch durch Injektion dargestellten Penicilli (P). An jedem neu entstandenen Arterienästchen, dem einzelnen Pinselhaar entsprechend, können wir drei verschiedene Abschnitte unterscheiden. Im ersten, längsten Abschnitt, zeigt seine Wand die allgemeinen Bauverhältnisse der Arterienwand, in der Adventitia finden sich noch spärliche Lymphozyten. Im zweiten, wesentlich kürzeren Abschnitt, umgibt sich die Arterie mit einer Hülle, der sog. Kapillarhülse (Schweigger-Seidel), wodurch eine Wandverdickung und Einengung des Lumens zustande kommt (HA). Die Hülsen halten das Lumen der Arterien in unveränderlicher Weite, wodurch in den peripher von ihnen gelegenen Kapillaren eine starke Herabsetzung der Blutzufuhr und des Blutdruckes eintreten muß. Man kann in diesen Hülsen eine Schutzeinrichtung für die nachfolgenden zarten Abschnitte des Venensystems erblicken, welche eine allzu rasche Überschwemmung und ein Zerreißen der sog. Milzsinus und der Pulpa verhütet. Die Wand dieser Hülsenarterien besteht zunächst innen aus spindeligen, weit in das enge Lumen vorragenden Epithelzellen, auf sie folgt nach außen die Hülse, von nicht ganz aufgeklärtem Bau, bestehend aus längs-

verlaufenden, feineren und gröberen Fasern mit dazwischen gelegenen Kernen. Der dritte und kürzeste Abschnitt der Arterie kann als arterielle Kapillare (AK) bezeichnet werden. Ihre Wand ist sehr dünn und besteht aus Epithelzellen und spärlichen Hülsenzellen. Die arteriellen Kapillaren münden nun entweder in weite bluthaltige Räume, sog. Milzsinus (kapillare Milzvenen) oder sie öffnen sich frei in die Maschenräume des Retikulums der Milzpulpa (1 u. 2). Die adenoide Arterienscheide und die Milzknötchen werden durch direkt von der durchsetzenden Zentralarterie sich abzweigende Kapillaren versorgt, welche sich am Rande des Knötchens unter Verlust ihrer geschlossenen Wand frei in die Maschenräume des Retikulums öffnen (Fig. 143).

Die Milzsinus bilden ein plexusartig angeordnetes Kanalsystem, das den größten Teil der Milzpulpa ausmacht (Fig. 140, 142 u. 143). Ihr Durchmesser schwankt zwischen 40 und 50 μ. Das die Sinus auskleidende Epithel setzt sich aus langen, schmalen, faserförmigen Zellen zusammen. In der Mitte jeder Faser liegt ein Kern, der vor allem auf dem Querschnittsbild des Milzsinus stark ins Lumen vorspringt (Fig. 140). Der basale Abschnitt der Zelle erscheint im Querschnitt stäbchenartig aufgefasert. Diese Faserung ist der Ausdruck für Längsleisten des langgestreckten Zellkörpers, welche nach außen vorspringen und da, wo die Sinuswand tangential getroffen, in der Form dichtgedrängter Längsfasern erscheinen. An Isolationspräparaten zeigen diese Fasern außerdem eine scheinbare Querstreifung, da sie in regelmäßigen Abständen mit Querwülstchen bedeckt sind. Ob diese eigenartigen Stabzellen kontraktile Gebilde darstellen, wie von manchen Seiten behauptet wird, ist bis jetzt noch keineswegs sicher gestellt.

Außen folgt auf die Stabzellen ein System ringförmig verlaufender Fasern, die Ring- oder Kreisfasern (Fig. 140 und 141). Sie liegen ziemlich dicht, sind durch schräge Anastomosen miteinander verbunden und stehen in vielfacher Verbindung mit den früher erwähnten Gitterfasern der Milzpulpa, denen sie in ihrem färberischen Verhalten gleichen.

Ob nun zwischen Stabzellen und Ringfasern noch eine homogene, strukturlose Membran, eine Sinusmembran, eingeschaltet ist oder nicht, ist eine viel diskutierte Streitfrage. Jedenfalls sieht man stets zahlreiche Lymphozyten aus den Sinus in die Pulpa und umgekehrt wandern. Ob eine solche Diapedese auch für die Erythrozyten statthat, ist zur Zeit mit voller Sicherheit noch nicht entschieden, aber als wahrscheinlich zu bezeichnen.

In diese Milzsinus münden also, wie wir sahen, die kleinsten Arterien und die Lymphröhrchen, außerdem stehen sie aber auch durch kurze Seitenäste in offener Verbindung mit den Maschenräumen

des Pulparetikulums, in welche, wie oben auseinandergesetzt wurde, ein Teil der arteriellen Kapillaren sich öffnet; andererseits gehen aus ihnen die Pulpavenen hervor, die sich zu den in den Trabekeln mit den Arterien zusammen verlaufenden Balkenvenen sammeln (Fig. 143). Die letzteren bestehen aus einer Epithellage, welcher die faserigen Bestandteile der Trabekel direkt anliegen. In der Milz kann also das Blut entweder durch die Arterien in die Sinus strömen und von da aus in die Venen abfließen oder es muß den Umweg durch die Maschen des Pulparetikulums wählen. Unter normalen Umständen werden wohl beide Wege von dem Blutstrom eingeschlagen werden. Ist die Pulpa reich an körperlichen Elementen des Blutes, kann sie nicht mehr aufnehmen, so wird der Überschuß direkt von der Arterie in den Sinus entleert (Weidenreich). Anders wird von Mollier der Bau des Milzsinus aufgefaßt. Nach ihm wird die Wand des Milzsinus von flächenhaft angeordneten, verzweigten Retikulumzellen gebildet, welche untereinander synzytial verbunden sind, so daß die Sinuswand in der Milz keine geschlossene Endothellage hat, sondern durchbrochen gebaut ist. In diesem Retikulum differenzieren sich Fasern, welche selbständig werden können und den Ringfasern entsprechen. Mollier leugnet zugleich das Vorhandensein der Sinusmembran, so daß nichts im Wege stehen würde, daß die Blutelemente sowohl aus der Blutbahn in die Pulpa, wie auch aus der Pulpa in die Blutbahn gelangen. Falls wir diesen Bau für die Sinuswand annehmen und ihr zugleich eine gewisse Kontraktilität zuschreiben, so können wir uns die Blutbahn in gewissen Momenten bald als geschlossen, bald als unterbrochen denken und auf diese Weise wäre vielleicht der Widerspruch der beiden Meinungen, die in dieser Frage bestehen, ausgeglichen.

Die Lymphgefäße sind in der Milz nur auf die Milzkapsel und ihren serösen Überzug beschränkt, wo sie ein reich verzweigtes feines Netz bilden — nur ausnahmsweise können sie in die Trabekel (Baum) eintreten. Hingegen besitzt das Milzparenchym gar keine Lymphgefäße.

Wie exakte Zählungen ergeben haben, ist das Milzvenenblut an Lymphozyten sehr viel reicher als das Blut der Milzarterien; es stellt also die Milz unzweifelhaft eine Brutstätte für Lymphozyten dar, wie überhaupt für farblose Blutzellen, mit Ausnahme der basophilen. Da die Milzpulpa keine Lymphgefäße besitzt, gelangt die gesamte Menge der neugebildeten Lymphozyten in die V. lienalis, und so ist es erklärlich, daß die Milzvene ca. 70mal (nach v. Melczer sogar bis 190mal) soviel farblose Blutkörperchen enthält als die zuführende Arterie. Es wurde auch nachgewiesen, daß sich in der Milz aus den ungranulierten Zellen vom Lymphozytentypus granulierte, nämlich neutrophile und eosinophile Elemente entwickeln (Weidenreich, Pappenheim) und daß sogar eine Vermehrung der ersteren

in der Milz auf mitotischem Wege stattfindet (Weill). Andererseits aber ist die Milz auch der Ort, an dem ein Zerfall von Erythrozyten statthat oder doch wenigstens die Stelle, wo zerfallene Erythrozyten aus der Blutbahn von anderen Zellen, den früher beschriebenen Phagozyten aufgenommen werden. Sie wird deshalb auch geradezu als Filter für zerfallene Erythrozyten bezeichnet. Dieses Material wird nach den Untersuchungen von Pugliese dann durch die Pfortader der Leber zugeführt und hier in Gallenfarbstoff umgesetzt. Außerdem stellt aber die Milz mit ihrem komplizierten Gefäßsystem ein Organ dar, welches einen regulierenden Einfluß auf den Blutstrom innerhalb der Bauchhöhle ausübt und ist zu diesem Zweck außerordentlich reich mit Nerven versorgt.

Die Nerven der Milz stammen aus dem Plexus coeliacus und sind ganz überwiegend sympathischer Natur und nur spärlich mit markhaltigen Fasern durchsetzt. Sie treten mit den Gefäßen am Hilus ein und verzweigen sich auch mit ihnen. Innerhalb der Milzpulpa bilden sie einen weitmaschigen Plexus, von dem einmal motorische Fasern zu der Wand der Arterien, Sinus und Venen gehen, außerdem aber entwickeln sich auch aus ihm sensible Fasern, die frei in der Pulpa und den Malpighischen Körperchen enden (Kölliker, Retzius).

Glomus caroticum.

Das Karotidenknötchen, Glomus caroticum (Karotidendrüse, Glandula carotica), ist ein kleines, beim Menschen ungefähr weizenkorngroßes, an der Teilungsstelle der A. carotis communis gelegenes Gebilde.

Das Karotidenknötchen entwickelt sich nach H. Rabl aus einer Anhäufung von Zellen mesodermaler Herkunft, die an der ventralen, medialen und lateralen Seite der Carotis interna gelagert sind.

Nach den Untersuchungen Schapers stellt das Karotidenknötchen eine Wucherung der Arterienwand dar. Es wird umhüllt von einer bindegewebigen Kapsel, deren bindegewebige Fortsätze, Septen, das Parenchym in kleine, rundliche Läppchen zerlegen, die ihrerseits wieder aus einzelnen Zellballen bestehen. Jeder Zellballen setzt sich aus rundlichen oder polyedrischen, epithelzellenähnlichen sog. epitheloiden Zellen zusammen. Von einigen Forschern (Stilling, Kohn, Kose) werden diese Zellen der Kategorie der chromaffinen Zellen, Zellen drüsiger Natur, zugezählt, wie solche vor allem in der Nebenniere (s. dort) in starker Ausbildung auftreten und aus diesem Grunde wird das Karotidenknötchen in das System der dem sympathischen Nervensystem zugehörigen Paraganglien (Kohn) eingereiht und als Drüse mit innerer Sekretion aufgefaßt.

Die chromaffinen Zellen im Karotidenknötchen entwickeln sich

nach Rabl nicht an Ort und Stelle, sondern gelangen hierher aus dem nahegelegenen sympathischen Ganglion.

Das Karotidenknötchen zeigt einen großen Gefäßreichtum. Die aus einer der Karotiden in das Organ eintretende kleine Arterie zerfällt in zahlreiche Zweige, von denen jeder in einen Zellballen eintritt und sich in ihm in ein sehr dicht geknäueltes Kapillarnetz auflöst. Die aus den einzelnen Knäueln austretenden Venen anastomosieren miteinander und bilden einen die Oberfläche des Organs umspinnenden venösen Plexus. Aus ihm sammelt sich das Blut zu mehreren abführenden Venenstämmen.

Kapillaren und epitheloide Zellen stehen in engen Beziehungen zu einander, so daß die ersteren häufig die letzteren umgreifen. Im höheren Alter tritt eine Wucherung des Bindegewebes auf Kosten der epitheloiden Zellen ein.

In das Knötchen treten markhaltige und marklose Nervenfasern in großer Zahl ein, in deren Verlauf auch Ganglienzellen eingeschaltet sind.

Glomus coccygeum.

Das von Luschka entdeckte Steißknötchen, Glomus coccygeum (Steißdrüse, Glandula coccygea) sitzt der A. sacralis media auf und zeigt im wesentlichen einen ähnlichen Bau wie die Karotidendrüse. Ein Ast jener Arterie tritt in den Körper ein und löst sich in einen Knäuel von Gefäßen auf, aus dem mehrere kleine Venen das Blut abführen. Um die Gefäße herum liegen die epitheloiden Zellen, sie wie ein Mantel umhüllend. Sie sitzen als rundliche oder polyedrische Zellen mit großem Kern dem Gefäßepithel direkt auf. Die Zellen geben keine Chromreaktion und sollen auch in keinen genetischen Beziehungen zu den sympathischen Ganglien stehen (Stoerk). Aus den Untersuchungen von Schumachers geht hervor, daß sie nichts anderes sind als modifizierte Muskelzellen der Gefäßmedia. Angesichts dieser Tatsachen wird wohl dem Steißknötchen die Funktion einer inneren Sekretion nicht zuzuschreiben sein. Das Körperchen wird umhüllt von einer von der Adventitia der Gefäße stammenden Bindegewebsschicht, welche sich auch als Stroma in das Innere fortsetzt und glatte Muskelzellen enthält.

2. Das Lymphgefäßsystem.

Die Lymphgefäße.

Das Lymphgefäßsystem ist entwicklungsgeschichtlich ein Derivat des Venensystems. Es tritt zuerst bei ungefähr 10,5 mm langen menschlichen Embryonen in Form geschlossener, mit Epithel ausgekleideter Säcke in der Umgebung der Vv. jugulares internae auf, die ihrerseits durch sich abschnürende Sprossen jener Venen entstanden sind. Diese Säcke werden späterhin durch den sich nun selbständig bildenden Ductus thoracicus miteinander verbunden und von ihnen wachsen dann durch

Sprossung des Epithels weitere Lymphgefäße hervor und durchdringen allmählich den ganzen Embryonalkörper mit Ausnahme des Zentralnervensystems und der Skelettmuskulatur.

Über die ersten Anfänge, die Wurzeln des Lymphgefäßsystems im erwachsenen Körper, stehen sich heute zwei grundverschiedene Anschauungen gegenüber. Nach der einen Anschauung handelt es sich um ein allseitig abgeschlossenes Röhrensystem, dessen feinste Ausläufer, die Lymphkapillaren, in alle Organe mit Ausnahme des Zentralnervensystems und der Skelettmuskulatur in Form miteinander anastomosierender Röhrchen eindringen. In dieses Kapillarsystem gelangt dann der in den Gewebsspalten enthaltene Gewebssaft durch Endosmose.

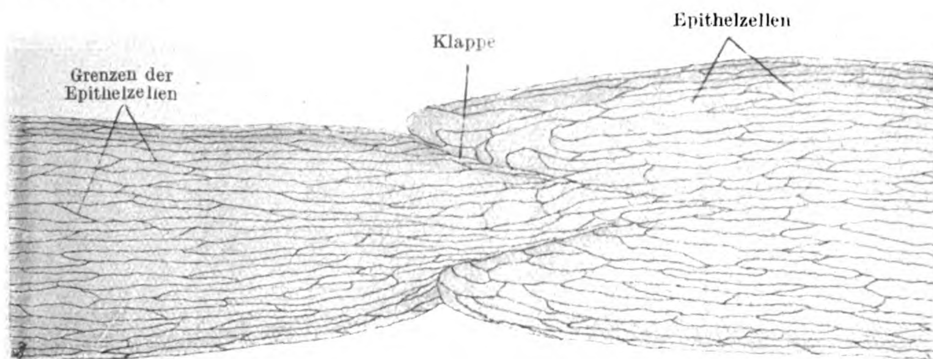


Fig. 144. Lymphgefäß aus dem Mesenterium des Kaninchens.
Grenzen der Epithelzellen mit Argentum nitricum sichtbar gemacht. Ca. 235mal vergrößert.

Nach der zweiten Auffassung ist das Lymphgefäßsystem kein in sich abgeschlossenes System, sondern die Lymphkapillaren öffnen sich in die Gewebsspalten und nehmen aus ihnen direkt den Gewebssaft auf. Für die letztere Auffassung spricht das Verhalten der Lymphgefäße zu den großen Körperhöhlen, der Pleura-, Perikard- und Peritonealhöhle, die, wie schon Mascagni richtig erkannte, in offener Verbindung mit dem Lymphgefäßsystem stehen. Das gleiche müssen wir auch für die in der Hornhaut, der Sklera und der Iris sich findenden Spalträume annehmen. Andererseits wurzeln die Lymph- oder Chylusgefäße des Darms in allseitig geschlossenen, mit Epithel ausgekleideten Räumen, den zentralen Chylusräumen der Darmzotten.

Aus allen diesen Wurzeln nun entwickeln sich feine Lymphgefäße, Lymphkapillaren, die in großer Zahl die Organe durchsetzen, sich dabei ganz wie die Blutkapillaren zu ausgedehnten Netzen verbinden und auch ganz den gleichen Bau wie die feinsten Blutkapillaren zeigen, nur meist weiter sind als diese und stellenweise Ausbuchtungen aufweisen. Es scheint, daß ihre Wand nur aus Epithel besteht, dessen Zellen von weniger regelmäßiger Form sind als die der Blutkapillaren.

Die Lymphgefäße, die aus dem Zusammenfluß jener Lymphkapillaren entstehen, gleichen in ihrem Bau den Venen und führen wie jene Klappen, welche dem Lymphstrom nur eine zentripetale Richtung gestatten (Fig. 144). Sie besitzen plattes Epithel und eine bindegewebige Intima mit feinen elastischen Fasern. Die Media enthält zirkulär verlaufende glatte Muskelzellen und die Adventitia besteht aus längsfaserigem Bindegewebe, vermischt mit elastischen Fasern und glatten Längsmuskeln.

Die Lymphdrüsen.

In das Lymphgefäßsystem sind an vielen Stellen kleine oder größere Organe eingeschaltet, welchen in erster Linie die Aufgabe erwächst, die körperlichen Elemente der Lymphe zu liefern. Sie zeigen alle das Gemeinsame, daß sie ein aus retikulärem Gewebe bestehendes Gerüstwerk besitzen, dessen Maschen mit zahllosen Zellen vollgepropft sind. Diese Zellen vermehren sich durch Mitose und gelangen in den das Organ umspülenden und durchtränkenden Lymphstrom.

Je nach der Form, in der die Lymphdrüsen auftreten, können wir sie in Lymphknötchen und eigentliche Lymphdrüsen einteilen.

Die Lymphknötchen, Lymphfollikel, Noduli lymphatici, finden sich in großer Zahl vor allem in allen Abschnitten des Verdauungskanals, dicht unter dem Epithel gelegen. Im einfachsten Fall stellen sie ein rundliches oder ovales Gebilde dar, das entweder gegen seine Umgebung durch eine Kapsel scharf abgesetzt ist oder diffus in sie übergeht. Die Substanz des Knötchens wird gebildet von adenoidem Gewebe, dessen Grundlage wiederum das Retikulum ausmacht. Seine sternförmigen anastomosierenden Zellen durchsetzen einmal das gesamte Innere des Knötchens und ordnen sich ferner an der Oberfläche des letzteren in mehreren konzentrischen Schichten zu einer Art Kapsel an.

Die Maschen des Retikulums werden ausgefüllt von kleinen Zellen, den Lymphkörperchen, deren Kern den größten Teil des Zellkörpers ausmacht und nur eine schmale protoplasmatische Zone um sich herum zeigt. Das Retikulum ist ohne weiteres nicht sichtbar, da die Lymphozyten so dicht gedrängt liegen, daß sie das erstere vollkommen verdecken. Man muß die Lymphozyten erst künstlich durch Pinseln, Schütteln oder künstliche Verdauung wegschaffen, damit das Retikulum zum Vorschein komme. In der Peripherie des Knötchens besitzen die Lymphzellen dunklere, stark färbbare und kleinere Kerne, im Innern dagegen sind die Kerne größer, heller, mit einem lichten Chromatinnetz ausgestattet. Hier findet man nun auch immer zahlreiche Zellen in indirekter Teilung begriffen. Schon bei

ganz schwacher Vergrößerung hebt sich dieses Keimzentrum als helle Mitte von der dunklen Peripherie des Knötchens ab.

In das Lymphknötchen treten außer Blutgefäßen auch Lymphgefäße ein. Sie durchsetzen die Kapsel und öffnen sich wahrscheinlich in den Kapselhohlraum. Aus der Kapsel führt dann ein zweites Lymphgefäß die abfließende, nun Lymphkörperchen enthaltende Lymphe fort. Da, wo keine Kapsel vorhanden ist, wird die Oberfläche des Knötchens von einem dichten Netzwerk von Lymphgefäßen umsponnen, es wandern die neugebildeten Lymphkörperchen fortwährend durch die Lymphgefäßwände hindurch und gelangen so in den Lymphstrom. In vielen Fällen sind aber diese Lymphkörperchen gar nicht

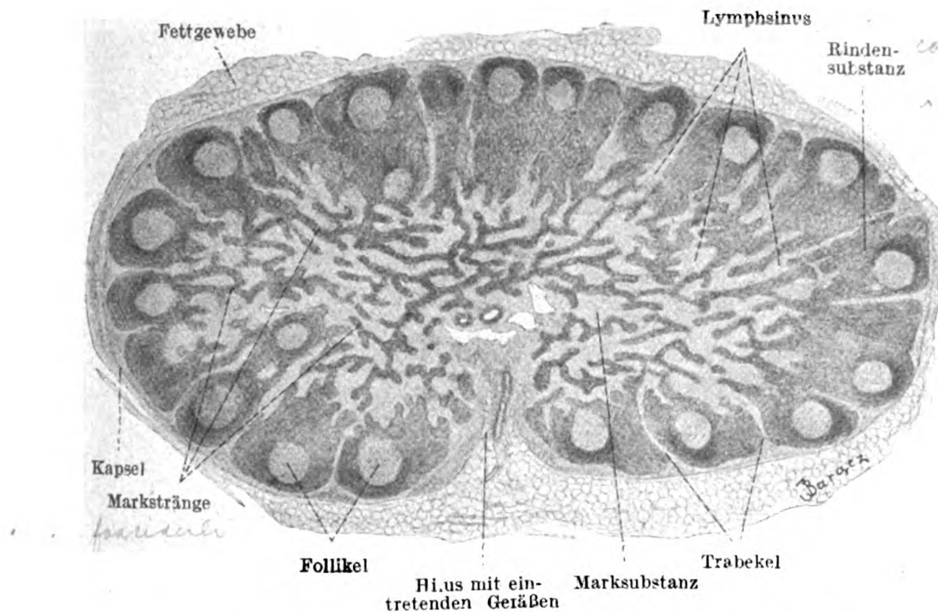


Fig. 145. Schnitt durch eine kleine Lymphdrüse des Hundes.
Ca. 20mal vergrößert.

für die Lymphe bestimmt, sondern sie wandern aus den Knötchen direkt ins Epithel des Verdauungstraktus hinein und gelangen, dieses durchsetzend, ins Lumen. Hier zerfallen sie. Die Rolle, die ihre Zerfallsprodukte für die Verdauung spielen, ist nicht näher zu bestimmen.

Die Lymphknötchen können entweder einzeln stehen als Solitärfollikel, Noduli lymphatici solitarii, oder sie können sich zu größeren lymphoiden Platten aneinanderreihen als aggregierte Follikel, Noduli lymphatici aggregati. Solche aggregierte Follikel sind die Peyerschen Haufen des Darms, die Tonsillen in der Rachenhöhle, die Balgdrüsen in der Zunge.

Die **Lymphdrüsen**, Lymphknoten, Lymphoglandulae sind größere oder kleinere, gewöhnlich bohnenförmige Körper und schon wesentlich komplizierter gebaut. Jede Lymphdrüse wird umhüllt von einer Kapsel, welche beim Menschen 40—80 μ dick ist. Früher wurde diese Kapsel als aus fibrillärem Bindegewebe bestehend bezeichnet, die Untersuchungen der letzten Zeit haben jedoch ergeben, daß sie nur wenig kollagenes Gewebe enthält und zum größten Teil aus retikulärem Gewebe besteht. Glatte Muskelzellen kommen in ihr bei vielen

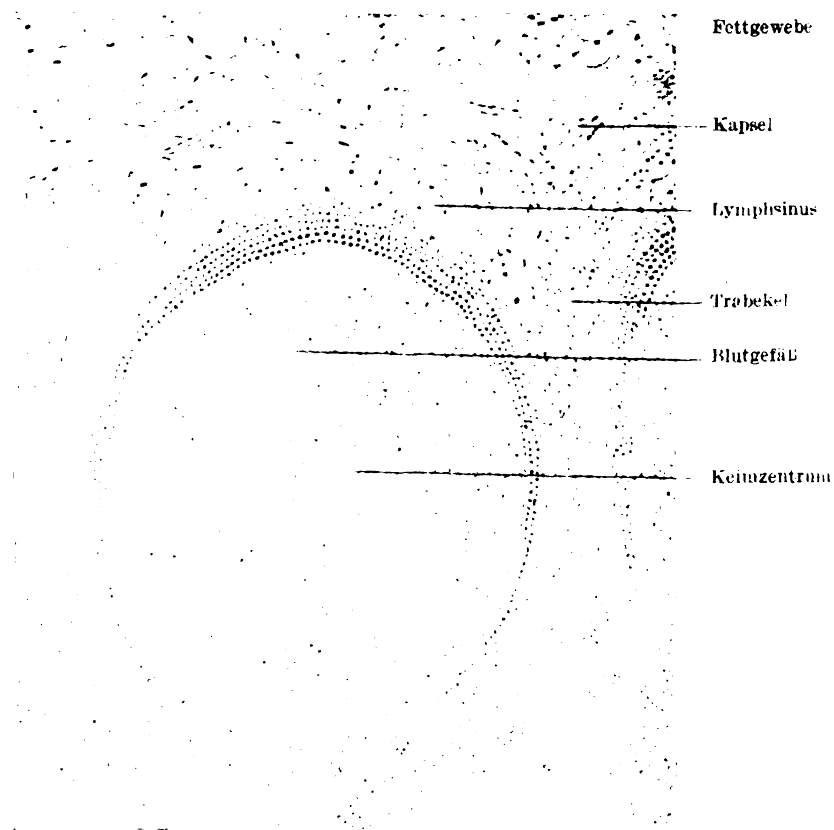


Fig. 146. Aus der Rindensubstanz einer Lymphdrüse des Hundes. Ca. 150mal vergrößert.

Tieren vor, beim Menschen finden sie sich dagegen selten. Von ihr strahlen in wechselnder Menge Septen, die **Trabekel**, in das Innere des Organs, sich bald netzförmig miteinander verbindend und ein zentrales Maschenwerk bildend (Fig. 145, 148). Wir können so an jeder Lymphdrüse einen gekammerten gefächerten **Rindenteil** und einen netzförmigen **Markteil** unterscheiden, welche beide ineinander übergehen. Diese Räume sind nun ausgefüllt mit dem **Parenchym**, einer zelligen Masse, die entsprechend der oben be-

schriebenen Anordnung der bindegewebigen Septen in der Rinde birnförmige Massen bilden muß, welche sich nach dem Mark zu verjüngen und in ein System dicker Balken übergehen, die, netzartig miteinander verbunden, die Marksubstanz der Lymphdrüse bilden. Es ist also das Parenchym der Lymphdrüse in der Rindensubstanz in Form rundlicher oder birnförmiger Ballen, Follikel, Rindenknötchen, in der Marksubstanz in Form eines Netzwerkes dicker Balken, Markstränge, angeordnet (Fig. 145).

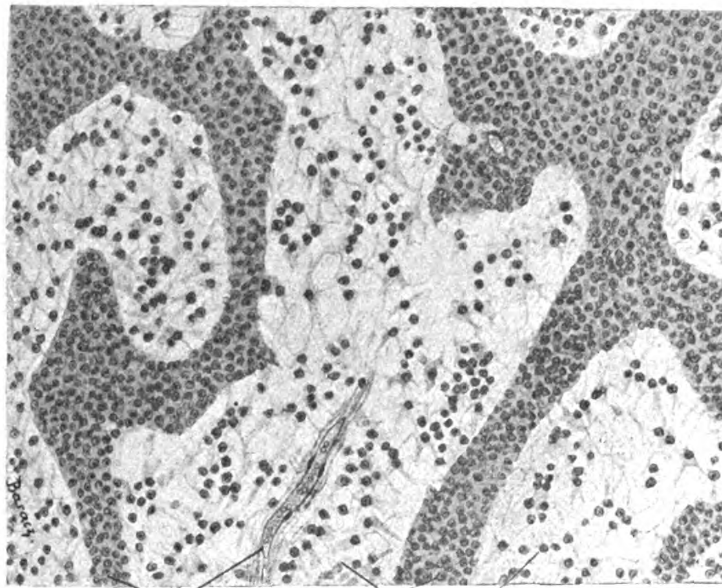


Fig. 147. Aus der Marksubstanz einer Lymphdrüse der Katze.
Ca. 250mal vergrößert.

Das Parenchym füllt aber den ihm zugewiesenen Raum innerhalb der Trabekel nicht vollkommen aus, sondern ist von den letzteren durch engere oder weitere Spalträume getrennt. So wird vor allem die Oberfläche der Rindenknötchen durch weitere Räume von der Innenfläche der Kapsel getrennt; etwas enger, aber immer noch deutlich erkennbar sind die Spalten, welche die Seitenflächen der Rindenknötchen und die Markstränge von dem Trabekularsystem der Rinde und des Marks trennen. So entsteht ein Hohlraumsystem, welches die gesamte Oberfläche des Parenchyms umgibt und die ganze Drüse durchzieht. Wir bezeichnen es als die Lymphsinus und man kann, da diese Räume mit Flüssigkeit, nämlich mit Lymphe, gefüllt sind, auch sagen, daß das gesamte Lymphdrüsenparenchym in den Lymphsinus gleichsam schwimmt (Fig. 145—148).

Es handelt sich aber dabei nicht um ein freies Schwimmen, sondern das Parenchym ist mittelst zahlloser feiner, die Sinus durchdringender Fäden an der Kapsel- bzw. an der Trabekularwand fixiert. Es bestehen die Trabekel ja nicht, wie man früher annahm, aus fibrillärem Bindegewebe, sondern ebenfalls aus retikulärem, in Längszügen angeordnetem Gewebe. An der Oberfläche der Trabekel liegen die Zellen dicht zusammen und schicken nun ihre Ausläufer durch die Lymphsinus hindurch in das Parenchym hinein, wo sie wieder mit den Zellen des dort befindlichen Retikulums anastomosieren (Fig. 147). Wir haben demgemäß sowohl in dem Parenchym als auch in den Sinus ein Retikulum, nur enthält dieses im ersteren Lymphzellen, in den letzteren dagegen keine, so daß die Sinus für die Lymphe passierbar bleiben.

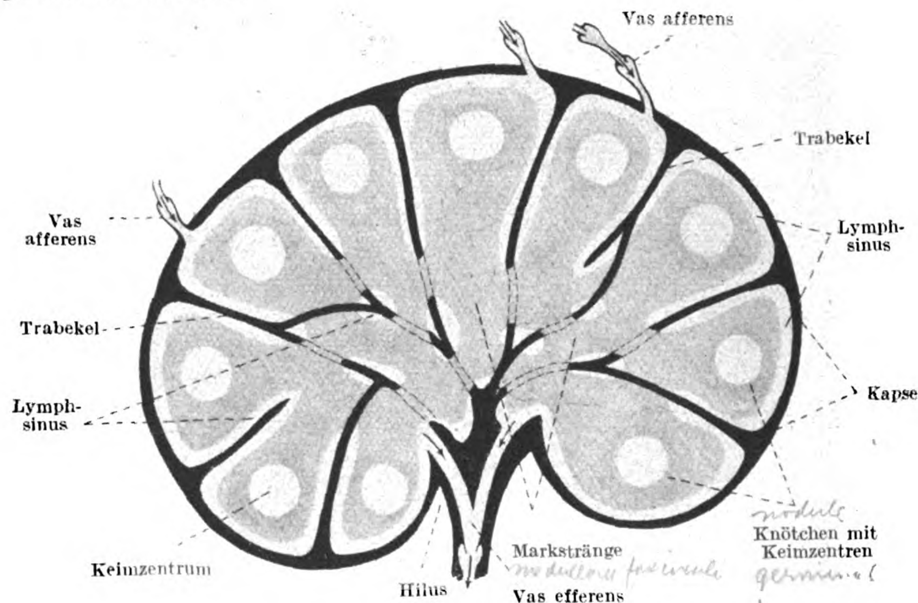


Fig. 148. Schema eines Lymphknotens.

Über den Bau des Parenchyms ist weiter nichts zu sagen. Die Rindenknötchen gleichen in ihrem Bau ganz den Solitärfollikeln; sie enthalten stets stark entwickelte Keimzentren, in denen sich die Lymphozyten vermehren. Die Markstränge sind Stränge retikulären Gewebes, mit Lymphzellen vollgepropft. Die Lymphsinus sollten nach den früheren, besonders durch Ranvier vertretenen Anschauungen von Epithelzellen ausgekleidet sein. Diese Epithelzellen sind aber sicher nichts anderes als Retikulumzellen, die ja, wie wir früher gesehen haben, in ihrem Protoplasmakörper Fasern entwickeln können und dies auch im Retikulum der Lymphdrüsen in reichem Maße tun (Thomé). Wir erhalten so ein Fasernetzwerk, das vollkommen von Protoplasma umhüllt ist. An der Innenfläche der Kapsel und an den

Trabekeln können sich diese Retikulumzellen so eng aneinander lagern, daß sie den Eindruck eines Epithels machen.

In jede Lymphdrüse münden ein oder mehrere Lymphgefäße, die wir als Vasa afferentia bezeichnen. Sie treten meist an der konvexen Seite an die in Bohnenform gedachte Drüse heran, durchdringen die Kapsel und öffnen sich in die dicht unter der letzteren gelegenen Sinus. Aus der Drüse heraus tritt an der konkaven Fläche, im sog. Hilus, das abführende Lymphgefäß, Vas efferens, meist in der Einzahl vorhanden. Es entwickelt sich durch Zusammentreten der Sinus der Marksubstanz. Es fließt also die Lymphe, von der Rinde der Drüse her, aus den Rindensinus in die Marksinus und verläßt die Drüse durch das Vas efferens (Fig. 148). Der Lymphstrom reißt dabei fortwährend Lymphkörperchen los und schwemmt sie mit sich aus der Drüse. Es ist so die Lymphe des Vas efferens beträchtlich reicher an Lymphozyten als die der Vasa afferentia. Der Lymphstrom findet aber auch innerhalb des engen Retikulums der Lymphsinus einen beträchtlichen Stromwiderstand, der zu einer Stromverlangsamung führt, ein Umstand, der in pathologisch-physiologischer Beziehung von wesentlicher Bedeutung ist. Es finden so dem Körper fremde oder schädliche Stoffe, welche ja außerordentlich leicht in die Lymphbahnen, z. B. des subkutanen Bindegewebes oder der Lungen, gelangen können, Zeit, sich hier festzusetzen. Sie können eine Entzündung und damit eine Schwellung der Drüse verursachen, wodurch der Lymphabfluß aus der infizierten Gegend in die Blutbahn verhindert wird.

Die Arterien dringen in die Lymphdrüse am Hilus ein, verlaufen in ihren gröberen Stämmchen in den Trabekeln und schicken in das Parenchym feine Zweige, welche hier in Kapillaren zerfallen. Das Verhalten der Venen ist das gleiche.

Die Nerven der Lymphdrüsen scheinen ausschließlich für die Gefäße bestimmt zu sein. Über ihr Verhalten ist wenig bekannt.

Anhang: **Blutlymphdrüsen.**

In den letzten Jahren sind unter dem Namen Blutlymphdrüsen (Hämolymphdrüsen, rote Lymphdrüsen) Organe beschrieben worden, denen gleichsam eine Mittelstellung zwischen der Milz und den echten Lymphdrüsen zukommt. Sie erscheinen besonders häufig bei manchen Wiederkäuern, z. B. beim Schaf, neben den eigentlichen Lymphdrüsen (Vincent und Harrison, Schumacher, Weidenreich, Baum).

Von den echten Lymphdrüsen unterscheiden sie sich dadurch, daß sie weder zu- noch abführende Lymphgefäße besitzen und in ihren Sinus, also außerhalb der Blutgefäßbahn, rote Blutkörperchen enthalten. In diesen Organen findet keine Bildung, sondern im Gegenteil, ähnlich wie in der Milz, eine Zerstörung von Erythrozyten statt.

Außerdem werden in ihnen auch Lymphozyten gebildet, die, da Lymphgefäße nicht vorhanden sind, von den Venen aufgenommen und in den Kreislauf gebracht werden.

Weitere Forschungen haben jedoch erwiesen, daß alle Übergangsformen von den eigentlichen Lymphdrüsen mit Lymphgefäßen ohne rote Blutkörperchen in den Sinus zu den Lymphdrüsen ohne Lymphgefäße mit roten Blutkörperchen in den Sinus, d. i. also zu den eigentlichen Blutlymphdrüsen existieren. Es können nämlich sowohl die Lymphdrüsen mit als auch die ohne Lymphgefäße in ihren Sinus rote Blutkörperchen enthalten oder nicht. Daher wären die Blutlymphdrüsen nicht als Organe sui generis, sondern als rudimentäre Lymphdrüsenformen aufzufassen (Schumacher).

Die Thymus.

Die Thymus ist ein Organ, das im entwickelten Zustand den Lymphdrüsen ziemlich nahe steht, sich aber entwicklungsgeschicht-

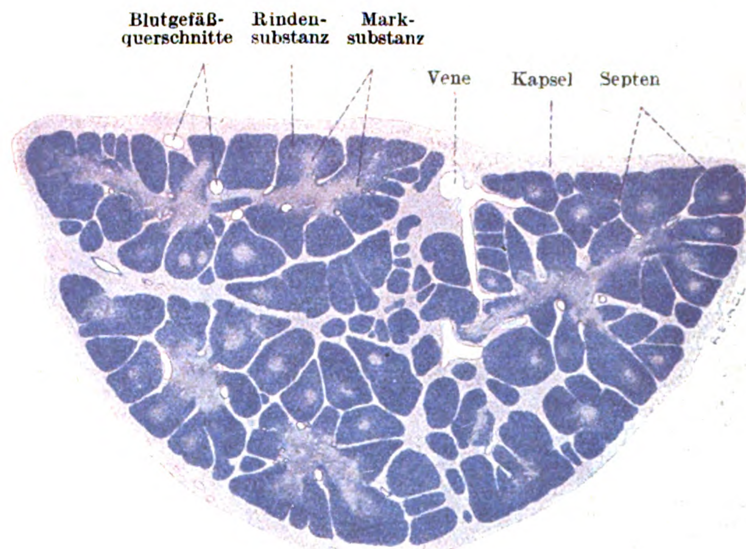


Fig. 149. Durchschnitt der Thymus eines 7 Monate alten Kindes. Übersichtsbild. Es sind mehrere Drüsenläppchen mit den feinen Verbindungssträngen zu sehen. 8mal vergrößert.

lich streng von ihnen unterscheidet; während die Lymphdrüsen mesenchymaler Abkunft sind, ist die Thymus ein Abkömmling des inneren Keimblatts (Kölliker); sie entwickelt sich aus dem Epithel der Schlundspalten und wäre vom entwicklungsgeschichtlichen Standpunkt aus mit der Schilddrüse zusammenzustellen.

Die Thymus ist ein Organ, dessen Wachstum nur bis zum 15. Jahre fortdauert und das sich mit dem Eintritt der Geschlechtsreife zurück-

zubilden beginnt. Sie setzt sich aus makroskopisch zahlreichen, bis zu 10 mm im Durchmesser haltenden Läppchen zusammen, die wieder durch lockeres Bindegewebe zu den beiden das Organ bildenden Hauptlappen vereinigt werden. Jedes dieser Läppchen besteht mikroskopisch wieder aus mehreren kleineren (ca. 1 mm großen), ebenfalls durch Bindegewebe getrennten Läppchen (Fig. 149 und Taf. XVII, Fig. 150). An jedem Läppchen können wir eine dunkle Rinde und eine helle Mitte (Mark) unterscheiden.

Die Stützsubstanz eines jeden Läppchens wird von einem Retikulum gebildet, das aus sternförmigen, miteinander anastomosierenden Zellen besteht. Sie sind im Mark größer, protoplasmareicher als in der Rinde. In der Rindensubstanz sind die Maschen dieses Retikulums vollgepfropft mit Lymphozyten (kleine Thymuszellen), die besonders in den äußeren Schichten im funktionierenden Organ zahlreiche Mitosen aufweisen. Es findet hier eine fortwährende lebhafte Zellwucherung statt.

Eine Aufklärung der Frage nach der Herkunft der die Thymus zusammensetzenden Gewebe verdanken wir hauptsächlich den Untersuchungen Hammars und Maximows. Die Hammarsche Lehre von der epithelialen Natur des Retikulums und von der echten Lymphozytennatur der kleinen Thymuszellen, sowie ihrer mesenchymatischen Abstammung fand Bestätigung in den trefflichen Arbeiten Maximows, die wir zur Grundlage unserer diesbezüglichen Schilderung nehmen.

In der Umgebung der Thymusanlage entstehen im Mesenchym durch Abrundung und Isolierung der sternförmigen, fixen Mesenchymzellen Lymphozyten, welche bereits in sehr frühen Stadien in die epitheliale Thymusanlage einwandern. Sie treten hier in Gestalt von großen und kleinen Lymphozyten, sowie in Übergangsformen von ersteren zu letzteren auf. Da die eingedrungenen Lymphozyten hier offenbar sehr günstige Existenzbedingungen finden, kommt es zu einer außerordentlich ergiebigen Vermehrung, so daß sehr bald das ganze Epithel von Lymphozyten überschwemmt wird. Durch die wiederholten Teilungen werden die Lymphozyten immer kleiner und entsprechen zuletzt ganz den typischen kleinen Lymphozyten. Infolge der sehr raschen Wucherung der Lymphozyten werden die Epithelzellen immer mehr auseinandergeschoben und nehmen eine sternförmige Gestalt an; so entsteht ein epitheliales Retikulum aus sternförmigen durch Ausläufer miteinander verbundenen Epithelzellen, dessen Maschen von den Lymphozyten eingenommen werden. Die letzteren können ausnahmsweise durch Auftreten von Körnchen in ihrem Protoplasma sich in granulierte Leukozytenformen verwandeln.

In der Marksubstanz dagegen hypertrophieren herdweise die Epithelzellen und vereinigen sich zu synzytialen groß- und blaßkernigen

Massen, während die Lymphozyten degenerieren und sich aus diesen Bezirken entfernen.

Das Thymusgewebe ist also vom adenoiden Gewebe der Lymphknoten völlig verschieden. Während in den letzteren die Retikulumzellen und Lymphozyten aus einer gemeinsamen Quelle, nämlich aus mesenchymatischen Elementen entstehen, ist in der Thymus das Retikulum epithelialen Ursprungs und ihre Lymphozyten sind fremde, zwischen die Epithelzellen eingedrungene Elemente.

Die Eigentümlichkeit der Thymus liegt darin, daß sich in ihr zwei Gewebe, Epithel und Mesenchym, die sonst immer streng geschieden erscheinen, innig durchwachsen (Maximow).

In der Marksubstanz finden sich neben spärlichen Lymphozyten eigenartige Gebilde, die unter dem Namen der Hassallschen Körperchen bekannt sind (Taf. XVIII, Fig. 151 u. Fig. 152). Beim Menschen

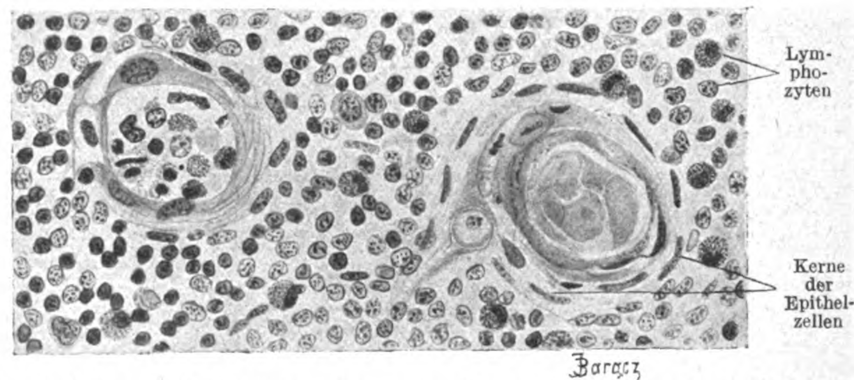


Fig. 152. Zwei Hassallsche Körperchen aus einem Schnitte durch die Thymus eines sechs Monate alten Kindes.
Ca. 470mal vergrößert.

treten sie schon am Ende des dritten Fetalmonats (Hammar) auf und entstehen als vergängliche Gebilde während der ganzen Lebenszeit (Hart). Es sind das aus schichtenförmig angeordneten Zellen bestehende Körper, deren zentrale Zellen sich in mehr oder weniger weit fortgeschrittener Degeneration befinden. Diese degenerativen Prozesse können verschiedener Art sein und zur Bildung einer zentralen Höhle führen, in welcher die Zerfallsprodukte liegen und Wanderzellen erscheinen. In betreff der Entstehung dieser Gebilde sind im Laufe der Jahre verschiedene Ansichten aufgetaucht, deren wichtigste wir hier anführen wollen. Während von den einen die Hassallschen Körperchen als Überreste der ursprünglichen epithelialen Thymusanlage angesprochen werden (W. Krause, His, Stieda, Maurer), sollen dieselben nach anderen aus dem Gefäßepithel hervorgehen, welches wuchert, das Gefäßlumen verstopft und die Involution des Organs zur Folge hat (Afanassiew, Nusbaum und Machowski,

Prymak, Dustin). Nach den Untersuchungen von Hammar endlich entstehen sie durch Hypertrophie der Retikulumzellen des Marks. Die Hypertrophie geht gewöhnlich von einer Zelle aus und befällt dann sukzessiv die umliegenden Zellen, was eine konzentrische Lagerung der Zellen innerhalb der Hassallschen Körperchen zur Folge hat.

Die Bedeutung der Hassallschen Körperchen ist noch unklar. Die einen bringen ihr Auftreten in Zusammenhang mit der Involution des Organs, andere Forscher aber erblicken in ihnen sekretorische Organe und zählen daraufhin die Thymus den Drüsen mit innerer Sekretion zu (Mensi, Magni).

Häufig finden sich innerhalb der Thymusläppchen kleine Höhlen, Zysten, ausgekleidet mit kubischem oder zylindrischem Flimmerepithel. Im Lumen der Zyste liegt ein kleiner Sekretklumpen. Auch sie sollen nach Hammar aus Retikulumzellen entstehen, die ihren ursprünglichen Epithelzellencharakter wieder angenommen haben. Innerhalb der Retikulumzellen kann es zu einer Fibrillendifferenzierung kommen; diese Fibrillen aber entsprechen nicht den Bindegewebsfibrillen, sondern den in Zellen epithelialer Natur sich bildenden Fibrillen, wie z. B. den Gliafasern im Zentralnervensystem.

Bei der Involution, welche mit dem Eintritt der Geschlechtsreife beginnt, nimmt besonders die Rindensubstanz allmählich ab, die Lymphozyten schwinden immer mehr und mehr, und es bleiben nur noch strangförmig angeordnete Epithelzellen übrig, die zum Teil der Degeneration anheimfallen.

Die Thymus ist die Bildungsstätte von jungen Lymphozyten, welche in die Lymph- und Blutzirkulation gelangen, und muß deshalb als echtes blutbildendes Organ betrachtet werden (Hammar, Maximow). Außerdem hat man noch die Bildung von granulierten Leukozytenformen, nämlich den neutro- und eosinophilen beobachtet (Weidenreich, Weill). Ja, es wird der Thymus sogar eine erythrozytenbildende Funktion zugeschrieben (J. Schaffer).

Die Arterien, mit denen die Thymus reich versorgt wird, dringen in das Innere der primären Läppchen ein und zerfallen an der Grenze der Rindensubstanz in ein feines, die letztere durchdringendes Kapillarnetz, aus dem sich ein doppeltes Venensystem entwickelt: es finden nämlich die Kapillaren ihren Abfluß teilweise durch die Bindegewebskapsel in die interlobulären Venen, zum Teil vereinigen sie sich im Innern des Markes zu Venen. Auch mit Lymphgefäßen ist die Thymus reich versorgt. Die Nerven bilden um die Gefäße feine Geflechte und dringen mit ihnen bis in die Marksubstanz vor.

3. Drüsen mit innerer Sekretion.

Mit dieser Bezeichnung fassen wir eine Anzahl Organe von verschiedener Funktion und ganz differenter Abstammung zusammen.

Ihr Zusammenbringen unter dem obigen Namen wird einzig und allein durch die Tatsache gerechtfertigt, daß allen diesen Drüsen im ausgebildeten Zustande ein besonderer Ausführungsgang fehlt und sie ihr Sekret in die Blut- oder Lymphgefäße entleeren. Zu ihnen gehören:

1. Die Schilddrüse,
2. die Nebenschilddrüsen,
3. die Nebenniere,
4. die Hypophyse,
5. die Epiphyse.

Neben diesen Drüsen, deren Tätigkeit ausschließlich in einer inneren Sekretion besteht, gibt es noch andere, die außer der ihnen eigentlich zukommenden äußeren Sekretion auch noch eine innere Sekretion verrichten, wie Pankreas, Keimdrüsen und Niere.

Der Bau dieser letzteren Drüsen wird in speziellen Kapiteln seine Besprechung finden.

1. Die Schilddrüse.

Die Schilddrüse, Glandula thyreoidea, ist entodermalen Ursprungs, sie stammt nämlich vom Epithel der Schlundhöhle ab und wird ursprünglich als eine zusammengesetzte tubulöse Drüse angelegt. Ihr Ausführungsgang (Ductus thyreoglossus), der nach außen im Foramen coecum der Zunge mündet, obliteriert schon während des Embryonallebens, wodurch die Verbindung der Drüse mit der Außenwelt verloren geht. Die Tubuli aber werden durch wucherndes Bindegewebe in kurze Abschnitte, die Schilddrüsenfollikel, zerschnürt.

Die Schilddrüse stellt also im entwickelten Zustande eine alveoläre Drüse ohne Ausführungsgang dar. Das ganze Organ ist von einer derben, bindegewebigen Kapsel umhüllt, welche in das Innere Septen entsendet. Diese Septen sondern die ganze Drüse in Läppchen und geben wieder Fortsätze ab, die die einzelnen Follikel voneinander trennen. Die Schilddrüsenfollikel sind in der Regel von kugeliger oder ovoider Gestalt, können aber manchmal die Form längerer mit Aussackungen versehener Schläuche annehmen.

Jeder Follikel ist von einem einschichtigen, kubischen oder seltener zylindrischen Epithel ausgekleidet (Fig. 153). Außen sollen, nach der Ansicht mancher Autoren, die Follikel von einer dünnen strukturlosen Membrana propria umschlossen sein, doch wird die Existenz der letzteren von der Mehrzahl der Forscher nicht anerkannt.

Nach Langendorff können zwei Arten der die Follikel auskleidenden Zellen unterschieden werden: die die Mehrzahl bildenden Hauptzellen mit einem helleren, sich nur schwach färbendem Protoplasma und die Kolloidzellen, welche spezifische Körner bzw. eine homogene, stark lichtbrechende Substanz enthalten und sich

deshalb intensiv färben. Nach ihrem Verhalten zu Reagenzien bestehen die in den Kolloidzellen enthaltenen Körnchen aus einer Lipoidsubstanz (v. Ebner). Diese Haupt- und Kolloidzellen scheinen nur verschiedene Funktionszustände derselben Zellen zu sein. Während der Sekretion sollen nämlich die Hauptzellen durch allmähliche kolloide Umwandlung ihres Inhalts schließlich in Kolloidzellen übergehen. Diese können nun unter Beibehaltung ihrer Form ihren kolloidalen Inhalt in Form von kleineren oder größeren Tröpfchen in das Lumen des Follikels ausstoßen oder aber gänzlich in Kolloidmasse übergehen und eingeschmolzen werden (Langendorff, Hürthle).

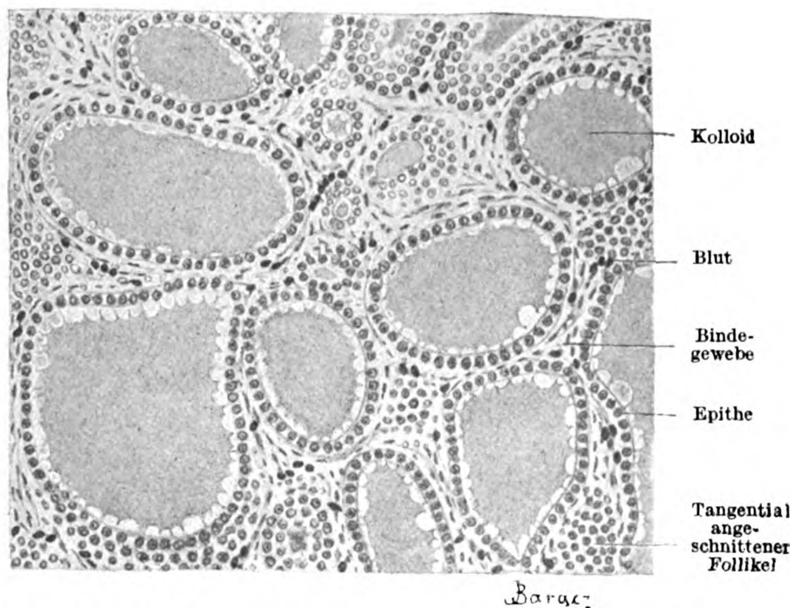


Fig. 153. Stück eines Schnittes durch die Schilddrüse des Menschen.

Die hellen Bläschen zwischen dem Kolloid und den Epithelzellen sind durch die Retraktion des ersteren entstanden.

Ca. 180mal vergrößert.

Das spezifische Produkt der Schilddrüse, das Kolloid, füllt das Lumen des Follikels als eine zähe homogene Masse gewöhnlich vollständig aus, erscheint im mikroskopischen Präparat jedoch oft infolge Schrumpfung von den Epithelzellen retrahiert (Fig. 153). Es besitzt eine große Verwandtschaft zu sauren Teerfarbstoffen, z. B. Eosin, und enthält zwei Substanzen: das jodhaltige Jodthyreoglobin und ein phosphor- und arsenhaltiges Nukleoproteid. Der Follikelinhalt gelangt in die Lymphgefäße der Thyreoidea, in denen das Vorkommen von Kolloid nachgewiesen wurde (Biondi, Zielińska). Doch sind sich die Forscher über die Art der Sekretausstoßung noch nicht einig. Die einen behaupten, der Ausfluß des Sekrets erfolge durch besondere

Interzellulargänge, durch feine Spalten, welche die Lymphwege mit dem Binnenraum der Follikel in Verbindung setzen (Hürthle, Matsunaga), andere dagegen nehmen eine Einschmelzung der Epithelzellen an, infolge deren ein Durchbruch und Erguß der Kolloidmasse in die Lymphräume erfolgt. Durch Vermittlung letzterer gelangt die Sekretmasse in die Blutbahn.

Das interfollikuläre Bindegewebe ist der Träger der Blut- und Lymphgefäße sowie der Nerven.

Die Blutgefäße bilden ein reiches engmaschiges Kapillarnetz, das die Follikel eng umspinnt. Die Kapillaren liegen den Follikelzellen dicht an. Die Lymphgefäße bilden gleichfalls dichte perifollikuläre Netze, welche sich direkt der Außenfläche der Follikelzellen anlegen und durch Vermittlung interzellulärer Lymphgänge mit dem Innern der Follikel kommunizieren. Hürthle und Matsunaga konnten von den Lymphgefäßen aus Injektionsmasse zwischen den Follikelepithelzellen hindurch in das Follikellumen treiben.

Die die Schilddrüse versorgenden Nerven sind zum größten Teil sympathischer Natur und für die Gefäße bestimmt, daneben erhält die Drüse auch noch Zweige vom N. vagus, und zwar vom N. laryngeus superior und N. recurrens. Sie bilden in der Drüse dichte Geflechte und umgeben jeden Follikel mit einem Nervenplexus; die aus diesem austretenden Fasern endigen mit kleinen Knöpfchen an der basalen Fläche der Follikelzellen (Sacerdotti, Crisafulli, Andersson).

Die Schilddrüse ist ein lebenswichtiges Organ. Sie beeinflußt den Stoffwechsel, die Herztätigkeit, gewisse Teile des sympathischen Nervensystems, das Knochenwachstum, die Entwicklung der Keimdrüsen usw. Sowohl die beschränkte, wie auch die übermäßige Tätigkeit der Schilddrüse hat für die Gesundheit nachteilige Folgen.

2. Die Nebenschilddrüsen.

Als Nebenschilddrüsen, Beischilddrüsen, Epithelkörperchen, Glandulae parathyreoideae, bezeichnet man kleine, von Sandström entdeckte Körperchen, welche beim Menschen der Regel nach in der Anzahl von zwei jedem der beiden Schilddrüsenlappen angelagert sind.

Ihre Länge beträgt 3—15 mm, ihre Breite und Dicke 2—4 mm. Jedes Körperchen ist von einer bindegewebigen Kapsel umhüllt, von welcher aus zahlreiche zarte Septen in das Innere eindringen, sich netzförmig verbinden und das Parenchym in miteinander anastomosierende Zellstränge zerteilen (Fig. 154). Je nach dem Ausbildungsgrade des Bindegewebes kann der Bau dieser Organe gewissen Modifikationen unterliegen. Das Bindegewebe kann nämlich in gewissen Fällen in seiner Entwicklung sehr zurückbleiben, so daß das Körperchen eine zusammenhängende, von der bindegewebigen Kapsel umgebene und von einem dichten Kapillarnetz durchzogene Zellenmasse darstellt,

in anderen Fällen aber kann das zu stärkerer Ausbildung gelangende Bindegewebe das Parenchym in viele, follikelähnliche Gebilde zerklüften. Im Parenchym lassen sich sehr zahlreiche, kleinere, schwach färbbare (Hauptzellen) und weniger zahlreiche, größere, stärker sich färbende Zellen (chromo- oder oxyphile Zellen) erkennen. Diese Differenzen sollen in verschiedenen funktionellen Zuständen begründet sein, worauf auch mannigfache Übergangsformen hinzuweisen scheinen (Thimm).

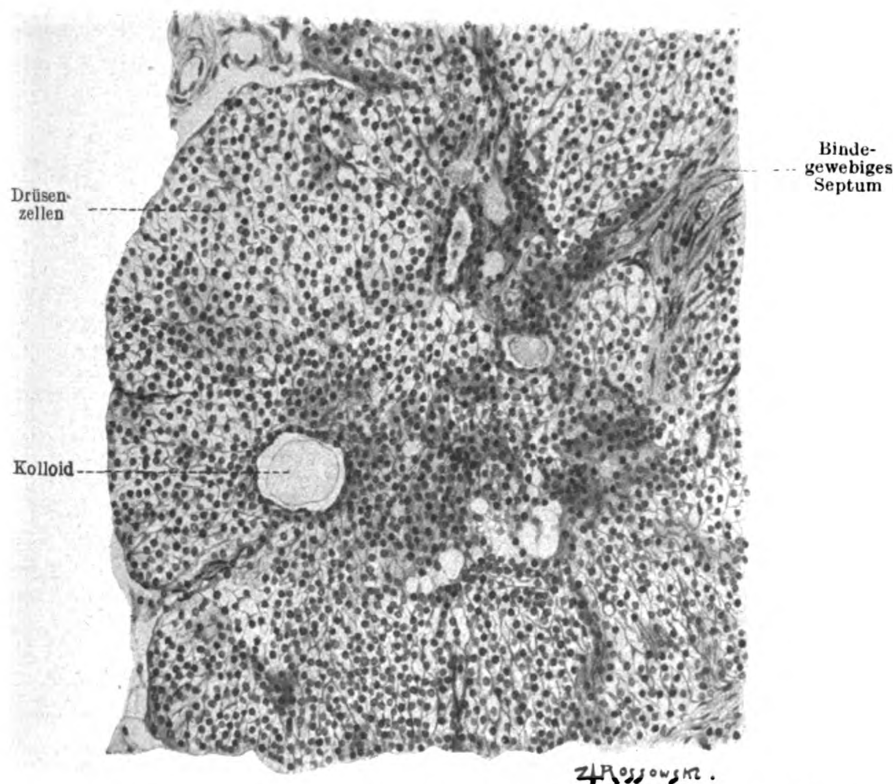


Fig. 154. Teil eines Schnittes durch die Nebenschilddrüse des Menschen. Ca. 350mal vergrößert.

Vielfach trifft man eine follikelähnliche Anordnung der Zellen und innerhalb der Follikel eine Kolloidsubstanz an, ganz wie in der Schilddrüse (Fig. 154). Mit fortschreitendem Alter erscheint das Kolloid häufiger entweder als intrafollikuläre Masse oder aber in Form von intrazellulären Kügelchen. Während die einen (Livini, Pepere) das Kolloid der Nebenschilddrüse als normales Sekretionsprodukt auffassen, betrachten es andere (Kohn, Benjamins, Petersen) als Degenerationsprodukt.

Die kapillären Blutgefäße bilden ein engmaschiges Netz und sind teilweise von einer zarten Bindegewebsscheide umgeben, größtenteils

aber grenzen sie direkt an die Epithelzellen. Um die Kapillaren herum breitet sich ein ausgedehntes Lymphspaltensystem aus, dem die Abführung des Sekretes zufällt (Thimm).

3. Die Nebenniere.

Die Nebenniere, Glandula suprarenalis, der Säugetiere besteht aus zwei ihrem Bau und ihrer Abstammung nach vollständig getrennten Teilen, von denen der eine, die Rindenschicht des Organs bildende, epithelialer Natur ist und vom Zwischennierensystem, der andere, die Markschicht bildende, nervöser Natur ist und vom sympathischen Nervensystem abstammt. Nur bei den Säugern kommt es zu einer derart regelmäßigen Anlagerung oder Ein-

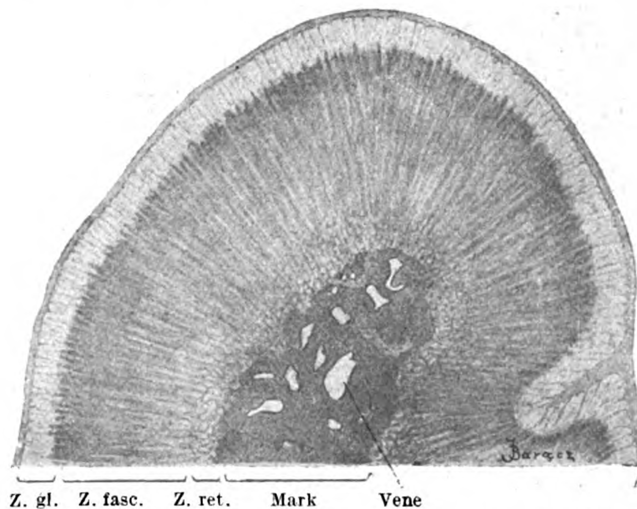


Fig. 155. Stück eines Querschnittes durch die Nebenniere des Hundes.
Z. gl. Zona glomerulosa. Z. fasc. Zona fasciculata. Z. ret. Zona reticularis. Ca. 22mal vergrößert.

lagerung der letzteren in die erstere, daß eine epitheliale Rinde und ein nervöses Mark entsteht. Bei niederen Wirbeltieren ist die Durchwachsung entweder eine ganz unregelmäßige oder es kommt überhaupt zu keiner Verbindung beider, so daß die Nebenniere dann ein rein epitheliales Organ repräsentiert (Interrenalorgan der Rochen, Stanniussche Körperchen der Teleostier).

Schon makroskopisch läßt sich in der Nebenniere des Menschen und der Säuger die dunkle Marksubstanz von der hellen Rindensubstanz ohne weiteres unterscheiden (Fig. 155 und Taf. XIX, Fig. 156).

Nach außen ist die Nebenniere von einer starken bindegewebigen Kapsel umgeben, die in ihren äußeren aufgelockerten Schichten beim Erwachsenen vielfach Fettzellen enthält. Von ihrer Innenfläche strahlen zahlreiche, Gefäße und Nerven führende, konvergierende

Septen aus, dringen radiär in die Rindensubstanz ein und vereinigen sich zunächst zu röhrenförmigen, 40—50 μ weiten Hüllen, dann zu einem Wabenwerk (Fig. 157). An der Grenze zwischen Mark- und Rindensubstanz angekommen, lösen sie sich in feine, in die Marksubstanz einstrahlende Fäserchen auf. In seltenen Fällen erreicht das Bindegewebe an der Grenze zwischen Mark und Rinde eine stärkere Entwicklung und bildet eine mächtige Markkapsel.

Innerhalb der Rindensubstanz setzt sich das Parenchym aus Zellen zusammen, welche in charakteristischer Weise innerhalb jener Bindegewebsfächer zu soliden Strängen angeordnet sind, und zwar bilden sie dicht unter der Kapsel zunächst rundliche Ballen (Zellnester),

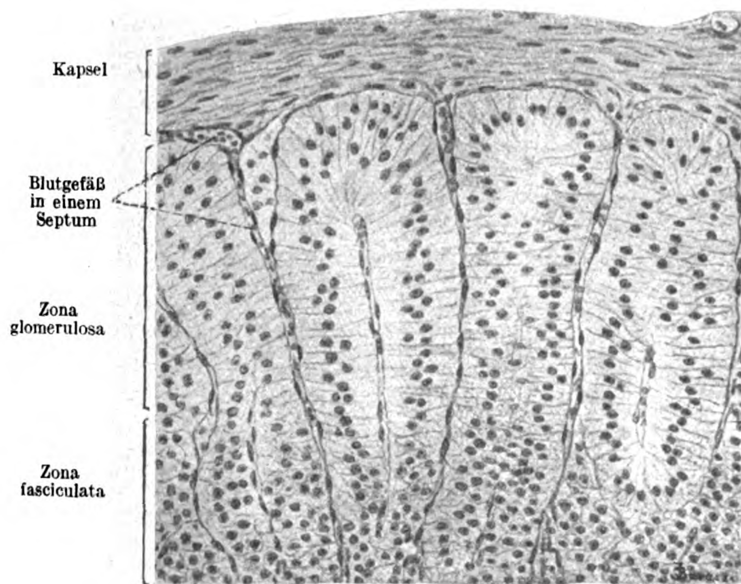


Fig. 157. Aus der Rindensubstanz der Nebenniere des Hundes. Ca. 240mal vergrößert.

verlaufen nachher direkt radiär nach innen, um schließlich sich zu einem Netzwerk zu verbinden. Wir können dementsprechend an der Nebennierenrinde drei verschiedene Zonen unterscheiden: zunächst unter der Kapsel liegt die relativ schmale Zona glomerulosa, auf sie folgt nach innen die breite Zona fasciculata, die schließlich in die schmale Zona reticularis übergeht (Fig. 155 u. Taf. XIX, Fig. 156).

Die Zona glomerulosa ist nicht überall gleich entwickelt. Beim Menschen besteht sie aus rundlichen Zellballen (Taf. XIX, Fig. 156), die voneinander und von der nächsten Schicht durch Bindegewebe geschieden sind. Bei manchen Tiergattungen erscheint sie in Form von kurzen, flach zusammengepreßten Zellsäulen, die oft bogenförmig umbiegen und einerseits auf der Oberfläche ineinander, andererseits wieder in

die Zellstränge der Fasciculata übergehen (Fig. 157). Manchmal erreichen diese Zellsäulen in der Glomerulosa eine starke Entwicklung und weisen Krümmungen und Windungen auf (Zona arcuata). Im Gegensatz dazu erscheint die Glomerulosa bei manchen Tiergattungen stark reduziert. In diesen Fällen können die dicht unter der Kapsel liegenden Zellen den Charakter der Fasciculatazellen annehmen. Die

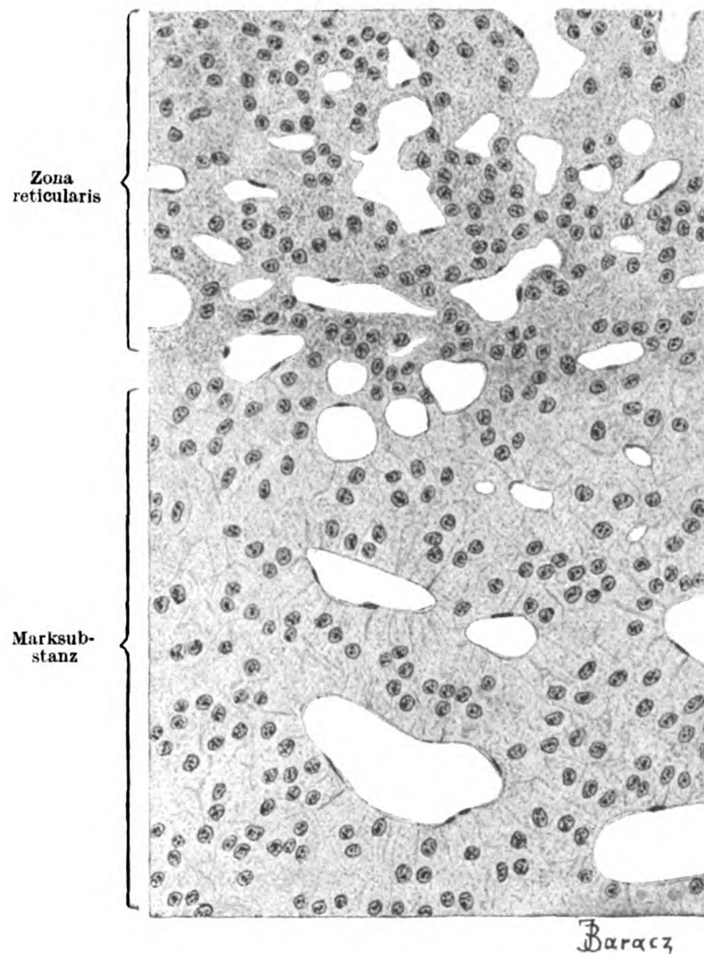


Fig. 158. Aus der Marksubstanz der Nebenniere des Hundes. Ca. 385mal vergrößert.

Zellballen und die Zellstränge der Glomerulosa bestehen aus polygonalen, unregelmäßig gestalteten oder aber aus regelmäßig zylindrischen, dicht nebeneinander gelegenen Zellen, die gewöhnlich etwas kleiner sind als die Zellen der nächstliegenden Fasciculata und einen großen Kern haben.

In der Zona fasciculata laufen die Zellstränge gerade, radiär, einer dicht neben dem anderen, voneinander durch Bindegewebe und

Gefäße getrennt. Die Zellstränge bestehen oft aus einer, manchmal aber aus zwei bis vier Reihen von nebeneinander gelegenen, länglich polygonalen Zellen (Taf. XIX, Fig. 156 und Fig. 157). Charakteristisch für diese Zellen ist ein spongiöses netzmaschiges Protoplasma, das in seinen Maschen lipoide Körnchen in weitaus größeren Mengen enthält als die beiden anderen Schichten der Rindensubstanz. An der Zusammensetzung dieser Körner nehmen aus der Nahrung stammende Neutralfette und lipoide Substanzen teil, so daß die ersteren die Hauptmasse eines jeden Körnchens bilden, die von einer lipoiden Hülle umgeben ist (Ponomarew).

In der Zona reticularis gehen die Epithelbalken in ein Netzwerk über, in dessen Maschen Blutkapillaren gelegen sind (Taf. XIX, Fig. 156 und Fig. 158). Die Epithelzellen unterscheiden sich von den vorigen durch dichteres Protoplasma und feinere Körnchen. Dieselben besitzen zum Teil eine große Affinität zu gewissen Farbstoffen (Corps sidérophiles, Guieysse). Nach Da Costa zeigen manche Tiere während der Schwangerschaft dieses Verhalten und es soll sich dabei um eine Vorstufe des Sekrets handeln. Außerdem enthalten diese Zellen ein Pigment, dessen Menge im Laufe des Lebens beträchtlich zunimmt (Mulon).

Neben den lipoiden Körnchen erscheinen in der Nebennierenrinde kleinere Mitochondrien, mit denen nach Mulon die sog. siderophilen Körnchen identisch sein sollen. Die Mitochondrien, die lipoiden Körnchen und die Pigmentkörner sollen nach der Ansicht desselben Forschers in funktioneller Beziehung zueinander stehen.

Die Marksubstanz der Nebenniere ist im frischen Zustand braun und außerordentlich weich. Sie besteht aus Zellen, die zu netzförmig miteinander verbundenen Strängen oder zu Zellballen angeordnet sind (Taf. XIX, Fig. 156). In den Maschen des Netzes finden sich außerordentlich zahlreiche und weite Blutgefäße. Rings um diese Gefäße reihen sich oft die Markzellen wie um einen Drüsengang (Fig. 158). Die Markzellen sind unregelmäßig polyedrische oder mehr zylindrische, 20—30 μ große Zellen mit chromatinarmen Kernen und weitmaschigem Protoplasmanetzwerk. Im Protoplasma liegen feine Granula, welche folgendes charakteristisches Verhalten zeigen: sie besitzen eine starke Affinität zu basischen Farbstoffen, färben sich mit Ferrisalzen grün (Vulpian) und nehmen in Chromsalzlösungen einen intensiv rotbraunen Farbenton an (Henle). Wegen dieser letzteren Eigenschaft hat man sie als chromaffine (Kohn) oder phäochrome (Poll) Zellen bezeichnet. Chromaffine Zellen sind epitheloide Zellen, welche außer in der Nebenniere in dem ganzen System der längs des Sympathikus zerstreuten sog. Paraganglien auftreten. Zu solchen Paraganglien gehört außer der Marksubstanz der Nebenniere in erster Linie das Glomus caroticum. Die chromaffine

Substanz bildet die Vorstufe der als Adrenalin bezeichneten, wirksamen Nebennierensubstanz (Mulon, Störk und v. Haberer). Ist die Zelle bis zu einem gewissen Grade mit dem Sekret gesättigt, so diffundiert das letztere in flüssiger Form durch die Kapillarwand in das Blut. Damit verschwindet die Chromreaktion in dem Zellplasma und den Granulis und es kann nun die abgegebene Substanz durch ihre Gelbbraunfärbung in den Kapillaren nachgewiesen werden (Gottschau, Biedl, Störk, v. Haberer). Im Mark einzelner Tiere wurden Hohlräume nachgewiesen, von palisadenartig angeordneten Epithelzellen umgrenzt, welche neben Gerinnseln auch zerfallende Zellelemente enthalten und deren Lumen nicht von Endothel ausgekleidet ist (W. Kolmer).

Im Mark und in noch höherem Grade in der Rindensubstanz findet man hauptsächlich am Übergang der Fasciculata in die Glomerulosa oft Mitosen, die dafür sprechen, daß in der Nebenniere konstanterweise Zellen zugrunde gehen und durch Mitose ersetzt werden (Landau, Kolmer). Die intrazellulären Netzapparate sind in den Markzellen bedeutend stärker entwickelt als in den Zellen der Rindensubstanz (Pilat). Außer den chromaffinen Zellen enthält die Marksubstanz noch zahlreiche Nervenzellen und Gefäße.

Der Verlauf der Blutgefäße in der Nebenniere ist ein solcher, daß dem Blut ein zweifacher Weg offen steht. Die aus verschiedenen Quellen (Aorta, A. phrenica inferior, A. renalis) stammenden Arterien lösen sich entweder schon innerhalb der Zona glomerulosa in präkapillare Arterien oder Kapillaren auf, die nun die Zellstränge der Rinde umspinnen, innerhalb der Marksubstanz in sehr weite venöse Sinus übergehen und sich dann zur V. centralis sammeln. Oder die Arterien durchsetzen die ganze Rinde (Aa. perforantes) und lösen sich erst innerhalb der Marksubstanz in Kapillaren auf, die in die Sinus münden. Außerdem findet sich noch ein oberflächliches Kapillarnetz innerhalb der Kapsel, welches das Blut direkt in kleinere Kapselvenen leitet. Besonders weit sind die Sinus der Marksubstanz; sie bedingen eine starke Verlangsamung des Blutstroms. Alle Gefäße der Nebenniere zeichnen sich durch die außerordentliche Feinheit ihrer Wand und den engen Kontakt mit den Drüsenzellen aus (Srdínko).

Die Lymphgefäße bilden zahlreiche Kapillarnetze, welche innerhalb des bindegewebigen Gerüstes verlaufen. Sie stehen in naher Beziehung sowohl zu den Zellen der Rinden- als auch zu denen der Marksubstanz, sie umflechten sogar öfters die Drüsenzellen (Stilling).

Die Nerven der Nebennieren stammen aus dem Ganglion coeliacum, dem Plexus phrenicus und renalis. Sie dringen in großer Zahl in das Organ ein und bilden einmal einen die Balken der Rindensubstanz umspinnenden Plexus und dann noch einen zweiten innerhalb der

Marksubstanz. Innerhalb des letzteren finden sich außerdem zahlreiche Ganglienzellen vom sympathischen Typus. Die aus dem Markplexus entspringenden Fasern bilden um jede chromaffine Zelle korbartige Geflechte und endigen mit plattenförmigen Verbreiterungen, welche dem Zellprotoplasma direkt aufgelagert sind (Dogiel, Fusari).

Die Nebennieren sind lebenswichtige Organe, ihre völlige Exstirpation führt immer unter großer Muskelschwäche und starkem Sinken des Blutdruckes rasch den Tod herbei (Brown-Séquard). Die Blutdruckerniedrigung nach der Exstirpation ist die Folge des Ausfalls einer von der Marksubstanz der Nebenniere gebildeten Substanz (Adrenalin), welche gefäßverengernd wirkt und den Gefäßtonus erhält (Oliver und Schäfer, Cybulski und Szymonowicz). Die in den Kreislauf eingeführten Extrakte der Nebennierensubstanz wie aller chromaffinen Organe steigern den Blutdruck enorm. Die wirksame Substanz wird, wie auch experimentell bewiesen wurde, in das Blut der Nebennierenvene abgesondert (Cybulski), so, daß die V. suprarenalis den wahren Ausführungsgang der Marksubstanz der Nebenniere vertritt. Die Aufgabe der Nebennierenrinde dürfte hauptsächlich in einer Regulierung des Lipoidstoffwechsels des Körpers bestehen (Krylow).

4. Die Hypophyse.

Die Hypophyse, Hirnanhang, Hypophysis cerebri, besteht aus zwei, sowohl ihrem Bau als auch ihrer Entwicklung nach verschiedenen Teilen. Der eine vordere, größere Teil ist drüsiger Beschaffenheit und nimmt seinen Ursprung aus dem Epithel der Mundbucht, die sich in der Richtung zur Hirnbasis ausstülpt (Rathkesche Tasche). Aus der vorderen und ventralen Wand dieses Hypophysensäckchens entwickelt sich der Vorderlappen, aus der hinteren Wand aber der sog. Mittellappen (Pars intermedia) der Hypophyse. Der hintere nervöse Lappen ist kleiner und bildet eine Fortsetzung des Infundibulums des Zwischenhirns.

Der vordere Lappen ist zusammengesetzt aus soliden Follikeln und Zellsträngen von ungleichen Durchmessern, die miteinander anastomosierend ein Netz bilden. Zwischen ihnen liegen Septen von blutgefäßführendem Bindegewebe, welches nach der Ansicht mancher Forscher auf der Oberfläche der Follikel und Zellstränge eine Art von Membrana propria bildet. Die die Follikel und Stränge konstituierenden Zellen sind typische Drüsenelemente, unter denen zwei Zellformen unterschieden werden: die einen sind größer, ihr körniger Zellkörper zeigt den Farbstoffen gegenüber eine größere Affinität und enthält einen kleinen Kern (chromophile Zellen), die anderen sind kleiner, zeigen oft einen großen Kern und ein körnerfreies, schwer färbbares Protoplasma (chromophobe Zellen) (Flesch, Dostojewski, Lothringer) (Taf. XX, Fig. 159—161).

Innerhalb der chromophilen Zellen sind verschieden sich färbende Granulationen beschrieben und daraufhin die folgenden Zellarten unterschieden worden: basophile, zyanophile, azidophile, eosinophile, orangeophile, fuchsinophile und siderophile Zellen. Es erscheint aber

richtiger, alle diese Zellarten in zwei Gruppen unterzubringen: azidophile und basophile, und dann innerhalb jeder dieser beiden Gruppen die sich stärker und schwächer färbenden Zellen zu trennen (Trautmann).

Während die einen annehmen, daß alle diese Zellarten verschiedenen Sekretionsstadien derselben Zelle entsprechen (Benda, Creutzfeldt, Stewart), da sich ja zwischen allen diesen Zellarten Übergangsformen erkennen lassen, meinen andere, daß man es in diesem Falle mit wenigstens zwei Zellarten zu tun habe. So trennt z. B. Trautmann die azidophilen Zellen von den basophilen als zwei differente Zellarten: während die sich intensiv basisch färbenden Zellen sich auf der Höhe der Füllung mit Sekretionsmaterial befinden, haben sich die chromophoben Zellen ihres Sekretionsproduktes entleert. In ähnlicher Weise lassen sich auch unter den azidophilen Zellen, wahrscheinlich in Zusammenhang mit den jeweiligen Funktionszuständen, stark und schwach färbbare Zellen unterscheiden.

Das Sekret der Hypophysenzelle ist mit Sicherheit noch nicht bekannt. Als eines der Sekretionsprodukte können die Fettkörnchen angesehen werden, denen man in den Hypophysenzellen begegnet (Erdheim, Thaon). Die chromophilen Zellen enthalten wenige große, die chromophoben dagegen zahlreiche kleine Fettkörnchen.

Den zweiten Sekretbestandteil sollen die Granula der Hypophysenzellen darstellen, die eine Aufquellung erfahren und aus den Zellen heraustreten sollen (Taf. XX, Fig. 161). Nach Benda entsprechen die kleinen, körnchenarmen chromophoben Zellen der Jugendform, die chromophilen dagegen, und zwar die azidophilen Zellen, dem Höhepunkt der Sekretion.

Als dritter Bestandteil könnte bezeichnet werden eine dem Kolloid der Schilddrüse ganz ähnliche Substanz (Taf. XX, Fig. 159, 161), die vor allem in den hinteren Partien des Vorderlappens innerhalb der Zellstränge und Follikel angetroffen wird.

Von manchen Forschern wird bestritten, daß das Kolloid ein Produkt der normalen Tätigkeit des Organs ist; es soll nach ihnen ein Degenerationsprodukt der zentralen Zellen der Balken und der Follikel darstellen (Joris, Soyer), andere sind der Meinung, das Kolloid entstamme den beschriebenen Zellkörnern. Die Sekretion des Kolloids soll sich hier in analoger Weise wie in der Schilddrüse abspielen. Die Körnchen der chromophilen Zellen quellen auf und es bildet sich ein flüssiges Produkt, welches durch die Membrana propria in die interfollikulären Lymphräume diffundiert oder es soll durch Degeneration und Schwund einer Randzelle und durch lokale Zerstörung der Membrana propria zu einer freien Kommunikation der Follikelhöhlen mit den interfollikulären Lymphwegen kommen (Thom).

Edinger hat durch Injektionen nachgewiesen, daß die Drüsenzellen der menschlichen Hypophyse von perizellulären Sekreträumen umgeben sind, welche andererseits wieder an die Blutkapillaren grenzen. Diese perivaskulären Spalten (Lymphräume) begleiten in Form von Scheiden die kleinen Blutgefäße und dringen durch den Hypophysenstiel in die Hirnsubstanz ein. Daß dies der natürliche Abflußweg des Hypophysensekretes ist, wird durch Untersuchungen von Herring, Cushing und Biedl gestützt, von denen hyaline Körper im Gewebe der Pars nervosa und des Hypophysenstiels gefunden wurden. Nach der Ansicht dieser Forscher ist in diesen hyalinen Körpern (Kolloid) die wirksame Substanz der Hypophyse zu erblicken.

Die oben erwähnten kolloidführenden Follikel werden im allgemeinen im Vorderlappen nicht häufig angetroffen, am häufigsten noch bei älteren Individuen (Scaffidi).

Die meisten und umfangreichsten Kolloidfollikel enthält der sog. Mittellappen (Pars intermedia), der, wie oben erwähnt, zwischen Hirnteil und Hauptlappen eingeschoben ist. Bei gewissen Tiergruppen erreicht er eine bedeutende Ausbildung, beim Menschen wird er durch eine Reihe großer, von Kolloid erfüllter und mit flachen Epithelzellen ausgekleideter Hohlräume (Zysten) ersetzt, die durch schmale Drüsenzellstreifen voneinander gesondert sind.

Der Hinterlappen der Hypophyse (Pars nervosa) besteht, wie neuere Untersuchungen festgestellt haben, aus einem bindegewebigen Stroma, in welchem Neurogliafasern und Gliazellen hervortreten. Gegenwärtig wird fast allgemein das Vorhandensein von Nervenzellen in ihm bestritten. Dagegen verlaufen hier zahlreiche Nervenfasern; sie entspringen in der Hirnbasis und streben dem vorderen Lappen zu (Joris). Im Hinterlappen tritt gewöhnlich ein braungelbes Pigment auf, das aber keineswegs ausschließlich diesem Lappen eigen ist.

Sowohl follikelähnliche, mit Kolloid ausgefüllte Bildungen als auch ganze Züge verzweigter Epithelstränge, die im Hinterlappen der Hypophyse gefunden werden, sind Abkömmlinge der intermediären Grenzzone (Biedl, Tölken).

Die Blutgefäßversorgung der Hypophyse erfolgt durch Arterienäste des Circulus arteriosus Willisii. Die innerhalb des Vorderlappens ein reiches Netz bildenden Kapillargefäße zeigen von Stelle zu Stelle sinusartige Erweiterungen (Taf. XX, Fig. 159). Die engen Beziehungen der Blutgefäße zu den Drüsenelementen haben selbstverständlich eine große Bedeutung einerseits für die Zufuhr der in der Hypophyse umzusetzenden Stoffe, andererseits wieder für den Abfluß des Drüsensekrets in die Blutbahn.

Die Hypophyse ist ein lebenswichtiges Organ, dessen Vorderlappen und **Mittellappen eine innersekretorische** Funktion erfüllen und in chemisch vermittelter Korrela-

tion mit anderen innersekretorischen Organen stehen. Der Vorderlappen hat einen Einfluß auf die Wachstumsvorgänge, speziell auf das Knochenwachstum, der Mittellappen beeinflußt hauptsächlich die Stoffwechselvorgänge.

5. Die Epiphyse.

Die erste Anlage der Epiphyse findet sich bei menschlichen Embryonen zu Beginn des zweiten Fetalmonats in Form einer vom Dach des Zwischenhirnbläschens ausgehenden Falte, vor der eine Anhäufung von Zellen gelegen ist. Diese beiden Anlagen, vordere und hintere Pinealanlage, sind anfangs durch einen mit Bindegewebe erfüllten Spaltraum getrennt. Im Laufe des Embryonallebens verschmelzen die beiden Anlagen, doch deutet ein immer noch vorhandenes Bindegewebsseptum auch später noch die zweifache Entstehung an (Krabbe). Am Ende des sechsten Fetalmonats differenzieren sich die ursprünglich einheitlichen rundlichen Zellen in verschiedener Richtung; es entstehen aus ihnen Gliazellen, Nervenzellen und Pinealzellen (Krabbe).

Die zwischen dem vorderen Vierhügelpaar liegende Epiphyse (Zirbeldrüse, Glandula pinealis) zeigt einen Bau, der auf sekretorische Tätigkeit schließen läßt (Taf. XXI, Fig. 162).

Das Bindegewebe trennt die Drüse in ungleich große Läppchen, die von meist unregelmäßig angeordneten Zellen ausgefüllt sind. In der Epiphyse treten drei Zellarten auf: die Nervenzellen, die Neurogliazellen (siehe Nervengewebe) und die die Hauptmasse bildenden eigentlichen Drüsenzellen (pineale Zellen). Die Neurogliazellen besitzen, ebenso wie die des Gehirns, Fortsätze und werden von den Neurogliafasern durchsetzt. Ihre Kerne sind reich an kompaktem Chromatin. Die Pinealzellen bilden die sekretorischen Elemente des Organs und sind von den netzartig verflochtenen Neurogliafasern umgeben. Der große Zellkörper enthält einen chromatinarmen Kern und mehr oder weniger zahlreiche Granulationen. Von diesen Drüsenzellen sind verschiedene Arten unterschieden worden, je nach den in ihnen enthaltenen Granulationen (eosinophile und basophile) und nach dem Verhalten des Chromatins in den Zellkernen (Dimitrowa). Polvani unterscheidet im Drüsenparenchym der Epiphyse vier Zellarten: 1. Pineale Hauptzellen — große ovale Zellen mit kleinen Fortsätzen, homogenem Protoplasma ohne Granulationen und mit großem Kern, innerhalb dessen der Sekretionsvorgang in erster Linie vor sich geht. 2. Azidophile Pinealzellen — kleinere Zellen mit sehr feinkörnigen azidophilen Granulationen, die von Galalescu und Urechia beschrieben wurden. 3. Basophile Pinealzellen — kleine Zellen mit ziemlich großen basophilen Granulationen von Constantini beschrieben. 4. Pineale Zellen mit lipoiden Granulationen. Diese Granulationen sind groß, unregelmäßig und werden durch fettfärbende Farbstoffe gefärbt. Letztere Zellen sind zuerst von Krabbe beschrieben worden, der ihnen die Fähigkeit der Reinigung des Organismus von gewissen Spaltungsprodukten zusprach. Als ein Zeichen für das Vorhandensein eines Sekretionsprozesses in den Drüsenzellen der Epiphyse schilderte zuerst Dimitrowa das Erscheinen von Vakuolen

im Kerninneren und ihr Austreten nach außen. Krabbe faßt diese Vakuolen als normales Produkt der Drüsensekretion auf und gibt an, daß sie gewöhnlich basophil sich färbende Granulationen enthalten, in das Protoplasma austreten, platzen und die Körnchen an das Protoplasma abgeben, von wo sie, wie Krabbe annimmt, durch Interzellularspalten weiter ins Blut, die Lymphe oder in die Zerebrospinalflüssigkeit gelangen. Polvani läßt diesen Vorgang sich beständig in den pinealen Hauptzellen abspielen.

Die Abfuhrwege der Sekretionsprodukte bilden nach Illing die Blutkapillaren, in denen er kolloidähnliche Massen auffand, Löwy dagegen beschreibt perizelluläre Räume, von welchen Ausführungsgänge im Bindegewebe bis zur Epithelschicht des Plexus chorioideus führen.

Das Hauptwachstum der Zirbeldrüse fällt beim Menschen in die ersten Lebensjahre, so, daß sie um das siebente Jahr auf der Höhe ihrer Entwicklung steht. Zu dieser Zeit lassen sich auch die ersten Anzeichen einer Involution auf Kosten des Drüsengewebes wahrnehmen. Als solche müssen die deutliche Zunahme des Bindegewebes und Gliagewebes sowie das Auftreten von Konkretionen angesehen werden. Infolge der Zunahme des Gliagewebes kommt es gewöhnlich zur Bildung ganzer Gliaplaques (Taf. XXI, Fig. 162), in denen nachträglich infolge Einschmelzung Zysten entstehen (Marburg). Im Innern derselben findet sich neben einzelnen Gliafasern und Kernen ein fädiges oder körniges Gerinnsel. In den Septen und im Innern der Drüsenläppchen kommt es zu degenerativen Umwandlungen (hyaline Umwandlung), zur Ablagerung von kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk und Magnesia sowie zur Entstehung von Hirnsand, Acervulus, Corpora arenacea, in Form von konzentrisch gebauten, oft maulbeerförmigen Konkrementen (Taf. XXI, Fig. 162).

Der zur Involution führende Degenerationsprozeß kennzeichnet sich nach Marburg durch das Auftreten von Vakuolen im Kerninneren, welche dagegen von Dimitrowa, Krabbe und Polvani als normale Zeichen der Drüsenfunktion betrachtet werden. Krabbe hält überdies das Auftreten gewisser Formen körniger Zellen für Zeichen der Involution.

Ein gewisser Teil der Drüsenzellen bleibt jedoch noch bis in das späteste Alter hinein anscheinend intakt, so daß sie höchstwahrscheinlich die Drüsenfunktion weiterhin ausüben können (Marburg). Krabbe behauptet sogar, daß die Involutionsvorgänge vom 14. Lebensjahre ab nicht mehr weiter fortschreiten.

In die Epiphyse gelangen Züge markloser und markhaltiger Nervenfasern.

Die Zirbeldrüse ist ein innersekretorisches Organ, welches einen wichtigen Einfluß **auf den Stoffwechsel** ausübt. Dies wird durch die Folgen der beschränkten Funk-

tion oder der Entfernung der Epiphyse in der frühen Kindheit bewiesen, die sich in einer körperlichen Frühreife (abnormes Längenwachstum, prämaturale Genital- und Sexualentwicklung) zeigen und oft eine ungewöhnlich frühzeitige geistige Entwicklung hervorrufen.

II. Das Verdauungssystem.

Das Verdauungsrohr ist in seiner ganzen Länge, von der Mundspalte bis zur Afteröffnung, ausgekleidet von einer Schleimhaut, einer Membrana mucosa oder kurz Mukosa genannt. Man versteht darunter eine zumeist weiche Haut, deren freie Oberfläche durch das Sekret der in oder unter ihr gelegenen Drüsen feucht und schlüpfrig erhalten wird.

Die Schleimhaut des Verdauungsrohres hat zweierlei Aufgaben, einmal sondert sie bzw. die von ihr ausgehenden Drüsen die dem Aufschluß der Nahrung dienenden Verdauungssäfte ab und zweitens nimmt sie die bei dem Verdauungsprozeß entstehenden löslichen Produkte auf: sie sezerniert und resorbiert. Zur Vergrößerung der sezernierenden Oberfläche stülpt sich die Schleimhaut nach außen in Form von Drüsen aus, deren schematischer Bau im allgemeinen Teil (S. 49 f.) näher erläutert wurde. Zur Vergrößerung der resorbierenden Oberfläche bildet die Schleimhaut umgekehrt Erhebungen nach innen, also in das Lumen des Verdauungsrohres hinein, die in der Form von Falten, Zotten und Papillen auftreten.

Wie jede Schleimhaut, so besteht auch die des Verdauungskanals aus zwei verschiedenen Anteilen. Ihr Grundstock bildet nämlich ein faseriges oder retikuliertes Bindegewebe, die Lamina propria s. Stratum proprium, kurz Propria genannt, die nach innen von einem an den verschiedenen Stellen verschieden gebauten Epithel bedeckt und abgeschlossen wird.

Außer der Schleimhaut bildet noch einen konstanten Bestandteil der Wand des Verdauungskanals, die Muskulatur; sie dient der Fortbewegung des Speisebreies bzw. der aus diesem entstandenen Fäzes und setzt sich in der Hauptsache aus glatten, an manchen Stellen aber auch aus quergestreiften Muskelfasern zusammen. Wir bezeichnen die Gesamtheit dieser Muskulatur als die Muskelhaut, Lamina muscularis, oder kurz Muskularis. Sie liegt immer nach außen von der Schleimhaut und wird meist von ihr durch ein mehr lockeres Bindegewebe getrennt, die Lamina submucosa s. Stratum submucosum oder kurz Submukosa genannt. An der Grenze der Propria gegen die Submukosa erscheint dann in der Regel noch eine dünne, stets aus glatten Muskelfasern bestehende zweite Muskelhaut, die Lamina muscularis mucosae.

Schließlich wird der innerhalb der Bauchhöhle gelegene Teil des Verdauungskanals nach außen noch vom viszeralen Peritoneum oder der Tunica serosa überzogen.

Wir hätten demnach von innen nach außen an den innerhalb der Bauchhöhle gelegenen Teilen des Verdauungskanals zu unterscheiden 1. das Epithel, 2. die Propria, 3. die Muscularis mucosae, 4. die Submukosa, 5. die Muskularis und 6. die Serosa.

Was die Drüsen des Verdauungskanals anlangt, so können sie eine sehr verschiedene Lagerung einnehmen. Zum größten Teil liegen sie innerhalb der Propria, können aber auch in die Submukosa hineinrücken. Schließlich können sie sich von ihrem Ursprungsort noch weiter entfernen und dann, wie die großen Speicheldrüsen, die Leber und die Bauchspeicheldrüse als kompakte Organe weiter entfernt gelegen sein.

Die einzelnen Teile des Verdauungskanals mit Einschluß der in sie einmündenden Drüsen wollen wir nun in nachstehender Reihenfolge besprechen:

1. Die Mundhöhle.
2. Die Schlundhöhle.
3. Die Speiseröhre.
4. Der Magen.
5. Der Darm.
6. Die Leber.
7. Die Bauchspeicheldrüse.

1. Die Mundhöhle.

a) Die Schleimhaut der Mundhöhle.

Die Schleimhaut der Mundhöhle geht am roten Lippenrand in die Haut der Lippen über (Taf. XXII, Fig. 163).

Das Epithel der Mundhöhle ist ein geschichtetes Plattenepithel, welches beim Menschen der Verhornung nicht unterliegt und deshalb auch in den oberflächlichen Zellagen kernhaltig ist; aus dem gleichen Grunde fehlen ihm auch die Schichten, welche an der verhornten Epidermis als Stratum granulosum und Stratum lucidum unterschieden werden.

Die Propria besteht aus sich kreuzenden Bündeln kollagener Fasern, denen ziemlich zahlreiche elastische Fasern beigemischt sind.

Ihre Oberfläche ist nicht glatt, sondern mit dicht nebeneinander stehenden und tief in das Epithel eindringenden Papillen besetzt, die ihre größte Höhe (0,5 mm) am roten Lippenrand erreichen. Während die Propria der Mundhöhlenschleimhaut keine eigenen Drüsen enthält, treten in dem roten Lippenrand Talgdrüsen auf.

Die aus lockerem Bindegewebe bestehende Submukosa weist nur spärlich elastische Fasern auf. Nur ausnahmsweise ist die Submukosa derber und weniger nachgiebig, so namentlich am harten

Gaumen und am Zahnfleisch. Sie ist der Sitz sehr zahlreicher Drüsen (Glandulae labiales, buccales, linguales, palatinae), deren Ausführungsgänge die Schleimhaut durchbohren und in die Mundhöhle einmünden. Ihr feinerer Bau soll später im Anschluß an die großen Mundhöhlendrüsen seine Besprechung finden.

Die Blutgefäße der Mundschleimhaut bilden zwei zur Oberfläche mehr oder weniger parallel verlaufende Netze. Die Arterien liefern zunächst innerhalb der Submukosa den tiefen weitmaschigen Plexus; aus ihm zweigen feine Ästchen ab und gehen innerhalb der Propria in den oberflächlichen feineren Plexus über. Aus letzterem dringen sehr feine Ästchen in die Papillen und zerfallen hier in ein Kapillarnetz. Die aus dem letzteren hervorgehenden Venen folgen dem Verlauf der Arterien.

Die Lymphgefäße bilden ähnliche Netze wie die Blutgefäße und sammeln sich zu einzelnen Stämmchen, welche in die Lymphoglandulae submaxillares, submentales, linguales, parotideae, cervicales superficiales und profundae einmünden.

Die Nerven — es sind Äste des N. trigeminus und des Ganglion sphenopalatinum — endigen teils in der Propria in Form von Endkolben, Nervenknäueln und baumförmigen Verzweigungen, teils im Epithel als freie intraepitheliale Nervenendigungen oder in Form von Tastscheiben mit Merkelschen Tastzellen (Botezat, Cecherelli, Jurjewa).

b) Die Zähne.

Die Zähne des Menschen stellen Hartgebilde dar, deren unterer Teil, die Zahnwurzel, in der Alveole des Kiefers steckt, deren oberer Abschnitt, die Zahnkrone, dagegen frei nach außen hervorragt. Beide Teile vereinigen sich in dem vom Zahnfleisch bedeckten Zahnhals.

Die Zähne bestehen aus drei verschiedenen Hartsubstanzen: 1. dem Schmelz, 2. dem Zahnbein und 3. dem Zement (Fig. 164). Das Zahnbein umgibt die im Innern des Zahnes liegende Höhle, die Pulpahöhle. Dieselbe verengt sich, durchsetzt als Wurzelkanal die Zahnwurzel und öffnet sich an der Wurzelspitze in dem Foramen apicis dentis. An der Oberfläche des Zahnes liegt das Zahnbein nirgends frei, denn in der Region der Krone ist es nach außen hin vom Schmelz, im Hals und in der Wurzel aber vom Zement überzogen. In der Halsgegend überzieht das Zement meist noch einen schmalen Schmelzsaum.

Die Pulpahöhle wird ausgefüllt von der Zahnpulpa, einem feinfaserigen, zellenreichen Bindegewebe, ausgezeichnet durch seinen Reichtum an Blutgefäßen und Nerven, die von dem Foramen apicis dentis durch den Wurzelkanal eintreten. Sie steht in kontinuierlicher Ver-

bindung mit dem Periost der Alveole. An der Oberfläche wird die Pulpa von großen zylindrischen Zellen, den Odontoblasten oder Dentinzellen, bedeckt, welche in einer einfachen Schicht neben-

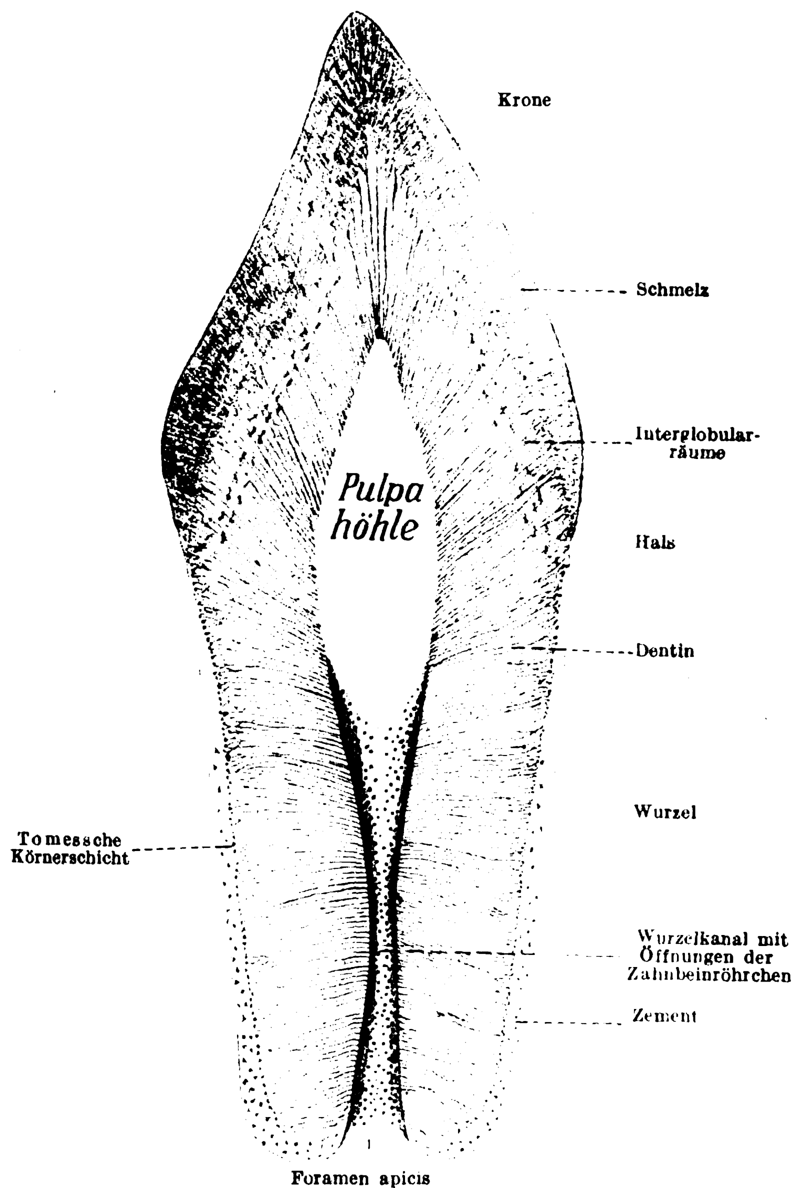


Fig. 164. Längsschliff durch einen menschlichen Schneidezahn.
Ca. 6mal vergrößert.

einander gelagert sind (Fig. 165). Die proximale Hälfte der Zellen enthält Kerne. Vom peripheren, dem Zahnbeine anliegenden, abgestumpften Ende entsenden die Odontoblasten je einen, selten mehrere feine Fortsätze in das Zahnbein hinein, die sog. Zahnbeinfasern.

Überdies gehen von den Odontoblasten in der Richtung zur Pulpa Ausläufer aus, die sich mit den Elementen der Pulpa verflechten.

Das Dentin, Zahnbein, Elfenbein, Substantia eburnea, macht die Hauptmasse des Zahnes aus und umgibt die Pulpa von allen Seiten her. Es ist eine Art von Knochengewebe, von dem gewöhnlichen Knochengewebe dadurch unterschieden, daß seine Zellen, d. h. die Dentinzellen oder Odontoblasten, nicht in Höhlen der Grundsubstanz, sondern außerhalb derselben liegen. Die Zellkörper der Odontoblasten haben nämlich, wie oben beschrieben, ihren Platz auf der Oberfläche der Pulpa, und zwar dicht am Dentin und

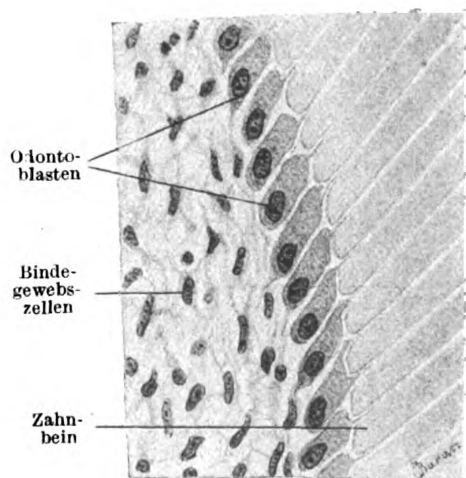


Fig. 165. Aus einem Längsschnitte durch die Krone eines Milchzahnes vom Neugeborenen.

Es ist die Grenze von Pulpa und Zahnbein zu sehen.

Ca. 500mal vergrößert.

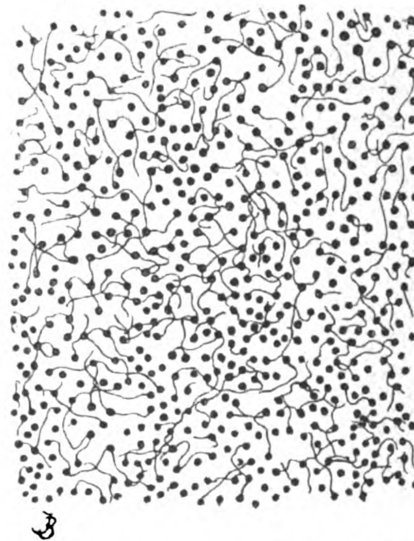


Fig. 166. Aus einem Schliffe durch die nahe der Pulpa liegende Partie des Zahnbeins eines menschlichen Eckzahnes, welcher mit Farbstoff imprägniert war.

Die Zahnkanälchen sind quergeschliffen, die Seitenäste verbinden die letzteren. Ca. 400mal vergrößert.

schicken nur ihre peripheren Fortsätze, die Zahnbeinfasern, in die Grundsubstanz hinein, in der sie in feine Kanälchen, die Zahnbeinröhrchen, zu liegen kommen.

Die Dentinkanälchen oder Zahnbeinröhrchen beginnen an der inneren, der Pulpahöhle zugewendeten Oberfläche des Zahnbeines mit feinen Öffnungen (Fig. 164) und durchziehen das Zahnbein radiär gegen seine äußere Oberfläche in leicht S-förmiger Krümmung und schwach geschlängeltem Verlauf. Anfangs 2,5—5 μ weit, werden sie infolge fortgesetzter Verzweigung immer enger, so daß sie an der äußeren Oberfläche des Zahnbeins nur noch 0,6 μ dick sind. Nicht nur unmittelbar benachbarte Kanälchen sind mittels vieler Seiten-

ästchen miteinander verbunden, sondern es ist dies auch, wie der Querschliff der Kanälchen in Fig. 166 zeigt, bei weiter voneinander entfernten Kanälchen der Fall. Das Verhalten der Kanälchen ist für die verschiedenen Zahnpartien charakteristisch. In den tieferen, der Pulpa näher gelegenen Partien des Dentins sind die Seitenzweige spärlicher und gehen rechtwinklig vom Stamme ab, dagegen nehmen sie in den oberflächlichen Dentinschichten immer mehr an Zahl zu und gehen unter spitzem Winkel ab (Taf. XXIII, Fig. 167).

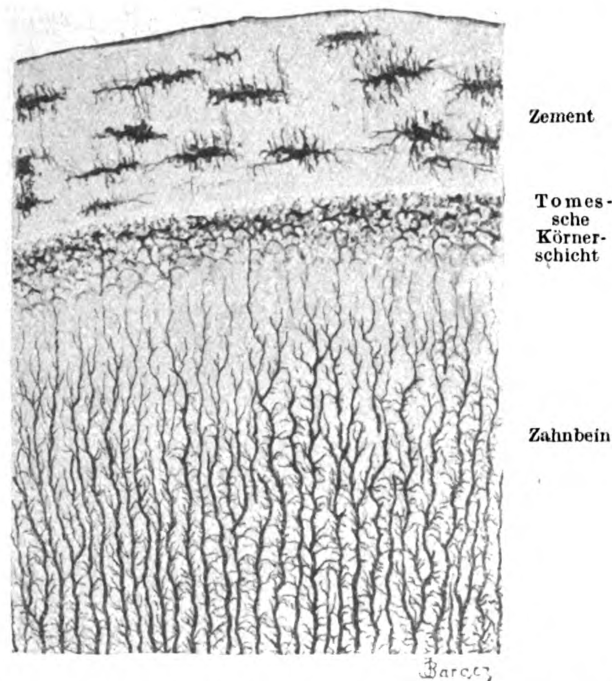


Fig. 170. Stück eines Querschliffes durch einen Schneidezahn des Menschen in der Nähe der Wurzel.
Ca. 360mal vergrößert.

In der Krone verlaufen die Kanälchen mehr gradlinig und teilen sich nur selten in Kanälchen von gleichem Kaliber. Im Zahnhals dagegen verlaufen die Kanälchen mehr wellig. In der Wurzel endlich zeigt ihr Verlauf mehr eine gebrochene Linie und wir finden zahlreiche Teilungen in gleichkalibrige Äste (Szymonowicz, Taf. XXIII, Fig. 167, Taf. XXIV, Fig. 168, Taf. XXV, Fig. 169).

Auch die Endverzweigung der Kanälchen ist in den verschiedenen Teilen des Zahnes verschieden. Im Kronendentin spalten sich die Kanälchen dicht an der Schmelzgrenze fingerförmig in mehrere Äste, von denen einzelne die Schmelzgrenze überschreiten, innerhalb der die Schmelzprismen verbindenden Kittsubstanz noch eine kurze Strecke weit vordringen und dann manchmal mit einer kleinen keulenförmigen Erweiterung endigen. Im Hals- und Wurzelteil endigen sie blind an

der Zementgrenze oder in der später zu erwähnenden Tomesschen Körnerschicht (Fig. 170). In selteneren Fällen können auch die Enden benachbarter Kanälchen schlingenförmig ineinander übergehen.

Die Grundsubstanz des Zahnbeins besteht aus feinen kollagenen Fibrillen, die von außen nach innen schichtenweise angeordnet sind. Die Schichten haben einen zur Zahnbeinoberfläche mehr weniger parallelen Verlauf, kreuzen deshalb die Zahnbeinröhrchen mehr oder weniger rechtwinklig. Innerhalb der einzelnen Schichten kreuzen sich

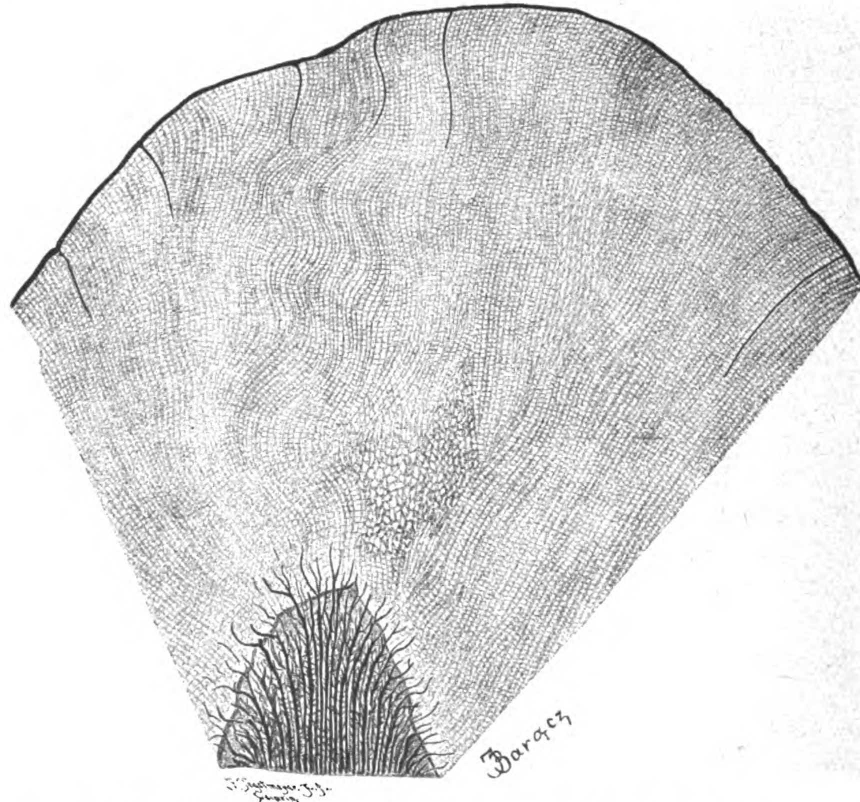


Fig. 171. Längsschliff durch die Spitze eines menschlichen Eckzahnes (von einem $3^1/_2$ Jahre alten Knaben).

Das Eindringen der Zahnkanälchen zwischen die Schmelzprismen und der Verlauf der letzteren sind sichtbar. Ca. 135mal vergrößert.

die Fibrillen vielfach; sie liegen in einer homogenen, verkalkten Kittsubstanz. Um die Dentinkanälchen herum ist die Grundsubstanz härter und widerstandsfähiger und bildet die sog. Neumannschen Scheiden, die man durch geeignete Präparationsmethoden isoliert darstellen kann. Die Wände der Röhrchen gehen an der Innenfläche des Zahnbeins in ein gleich widerstandsfähiges Häutchen (Kölliker) über.

Innerhalb des Kronendentins findet sich dicht unter der Schmelz-

grenze eine Schicht großer zackiger Lücken, von der verkalkten Grundsubstanz in Form kugeliger Hervorragungen (Zahnbeinkugeln, Taf. XXIII, Fig. 167) begrenzt. Diese Interglobularräume stellen wahrscheinlich unverkalkte Partien der Grundsubstanz dar, Residuen einer ungleichmäßigen und unvollständigen Verkalkung des Zahnbeins. Die Zahnbeinröhrchen durchziehen diese Räume ohne Unterbrechung. Eine Lage sehr kleiner Interglobularräume finden wir dicht unter der Zementgrenze des Wurzeldentins (Fig. 170). Sie führt den Namen der Tomesschen Körnerschicht.

Der Schmelz, das Email, Substantia vitrea s. adamantina, überzieht die Krone des Zahnes und ist das härteste aller tierischen Gewebe. Der Schmelz ist epithelialer Herkunft und enthält bloß 2—5% organischer Substanz, löst sich deshalb vollkommen, fast ohne irgendeinen Rückstand zu hinterlassen, in verdünnter Salzsäure auf. Er besteht aus langen, 3—6 μ dicken, meist fünf- oder sechsseitigen, nicht ganz regulären Prismen, den sog. Schmelzfasern oder Schmelzprismen. Ihr Verlauf ist ein sehr komplizierter (Fig. 171). Sie ziehen unter wellen- und schraubenartigen Biegungen, meistens in parallelen Reihen geordnet, radiär von der Zahnbeinoberfläche bis zur freien Oberfläche des Schmelzes hin, wobei sie allmählich in der Richtung nach außen an Dicke etwas zunehmen. Sie erscheinen gewöhnlich strukturlos, jedoch unter dem Einflusse von Reagenzien (verdünnter Salzsäure) oft quer gebändert, sind doppelbrechend, und zwar negativ einachsig. Die Schmelzprismen liegen dicht gedrängt nebeneinander, durch eine spärliche, ebenfalls verkalkte Kittsubstanz fest miteinander verlötet. Auf seiner freien Oberfläche trägt der Schmelz eine über 1 μ dicke strukturlose, verkalkte, gegen chemische Reagenzien sehr widerstandsfähige Membran, die den Namen des Schmelzoberhäutchens, Cuticula dentis, führt.

Das Zement, Substantia ossea dentis (Fig. 164, 170), bedeckt den Halsteil und die Zahnwurzel mit einem dünnen, vom Hals gegen das Wurzelende zu immer mächtiger werdenden Überzug. Seinem Baue nach ist es echtes Knochengewebe mit fibrillärer Grundsubstanz, zahlreichen Sharpeyschen Fasern und spärlichen Knochenhöhlen. Letztere fehlen in dem dünnen Halszement gänzlich, werden aber mit zunehmender Mächtigkeit der Zementschicht, also gegen das Wurzelende zu, zahlreicher. Haverssche Kanäle erscheinen nur im Zement alter Zähne, namentlich in Backzähnen.

Was das Verhalten der Blutgefäße und Nerven der Zähne betrifft, so sind erstere ausschließlich auf die Zahnpulpa beschränkt, welche sich durch Reichtum an beiden auszeichnet.

Die Rami dentales der Aa. alveolares dringen durch die Wurzelkanäle in die Zahnpulpa ein, teilen sich in zahlreiche Ästchen, welche Geflechte mit länglichen Maschen bilden, und zerfallen schließlich an

der Peripherie in ein feines engmaschiges Kapillarnetz, welches bis zwischen die Odontoblasten vordringt (Annet, Lepkowski).

Die Lymphgefäße der Pulpa münden in die Lymphoglandulae maxillares resp. cervicales profundae.

Die Nerven aus den Rami alveolares bzw. dem Plexus dentalis inferior treten in einigen Bündeln in die Pulpa ein und steigen hier ungefähr in der Achse empor, indem sie sich unterwegs in Fasern auflösen. Diese Fasern bilden ein reichliches Geflecht, biegen gegen die Oberfläche der Pulpa ab, verlieren zuletzt die Markscheide und gelangen als feine marklose Fäserchen bis zwischen die Odontoblasten hinein, um hier mit kleinen Anschwellungen frei zu endigen (Retzius). Ältere Beobachtungen, daß Nerven auch noch in das Zahnbein hineindringen (Boll, Römer), werden durch neue Forschungsergebnisse bestätigt (Mummery, Dependorp, Fritzsch). Einzelne Nervenfasern sollen in den Dentinröhrchen endigen (intratubuläre), andere wieder in der Grundsubstanz des Dentins verlaufen (intertubuläre Fasern). Ob diese bis in die äußeren Partien des Zahnbeines, ja sogar in den Schmelz hineingelangen (Morgenstern), ist bis jetzt zweifelsohne nicht erwiesen.

Als Wurzelhaut, Periodontium bezeichnen wir die Gesamtheit aller jener Fasern, welche von der Wand der Alveole zur Zahnwurzel verlaufen und den Zahn in der Alveole befestigen. Es sind ausschließlich kollagene, zu Bündeln zusammengelagerte Fasern. Am Zahnhals verlaufen sie rein quer, je mehr sie sich der Wurzelspitze nähern, um so schräger verlaufen sie. Am Zement angelangt, dringen sie in dasselbe ein und stellen dann die Sharpeyschen Fasern des Zementes dar. Die Wurzelhaut enthält zahlreiche Blutgefäße und Nerven.

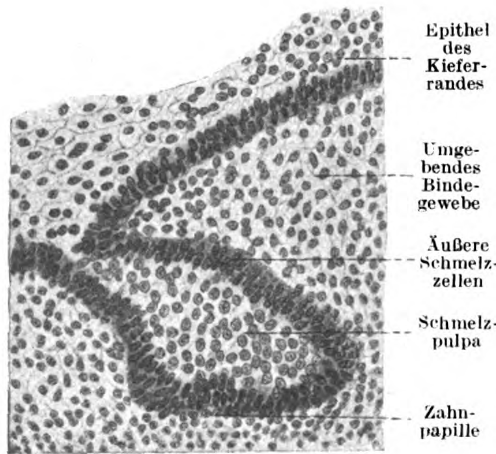


Fig. 172. Ein frühes Stadium der Zahnentwicklung bei einem Schweinsembryo.
Ca. 240mal vergrößert.

Die Entwicklung der Zähne.

Das Studium der Zahnentwicklung zeigt uns, daß die Herkunft der Hartgebilde des Zahnes eine zweifache ist: es ist nämlich der Schmelz ein Produkt des Mundhöhlenepithels, das Dentin und das Zement sind dagegen Abkömmlinge des Mesenchyms.

Den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Zähne bildet das Epithel der Kieferränder. Schon im Beginn der siebenten Woche des Fetallebens wächst beim

Menschen das Epithel in das tiefer liegende Bindegewebe in Form einer Leiste, der Zahnleiste, hinein. Im dritten Monate bilden sich am freien Rande der Zahnleiste, und zwar an ihrer labialen Seite, in bestimmten Abständen kolbige Verdickungen des Epithels, die ersten Anlagen der Milchzähne (Fig. 172). Beim Menschen, dessen Milchgebiß 20 Zähne zählt, beträgt die Anzahl dieser Epithelwucherungen je 10 im Ober- und Unterkiefer. Gleichzeitig wachsen die Zellen des Bindegewebes dem Epithelkolben entgegen, stülpen ihn ein und bilden so die Zahnpapille. Infolge dieser Einstülpung und des weiteren Wachstums der Papille nimmt

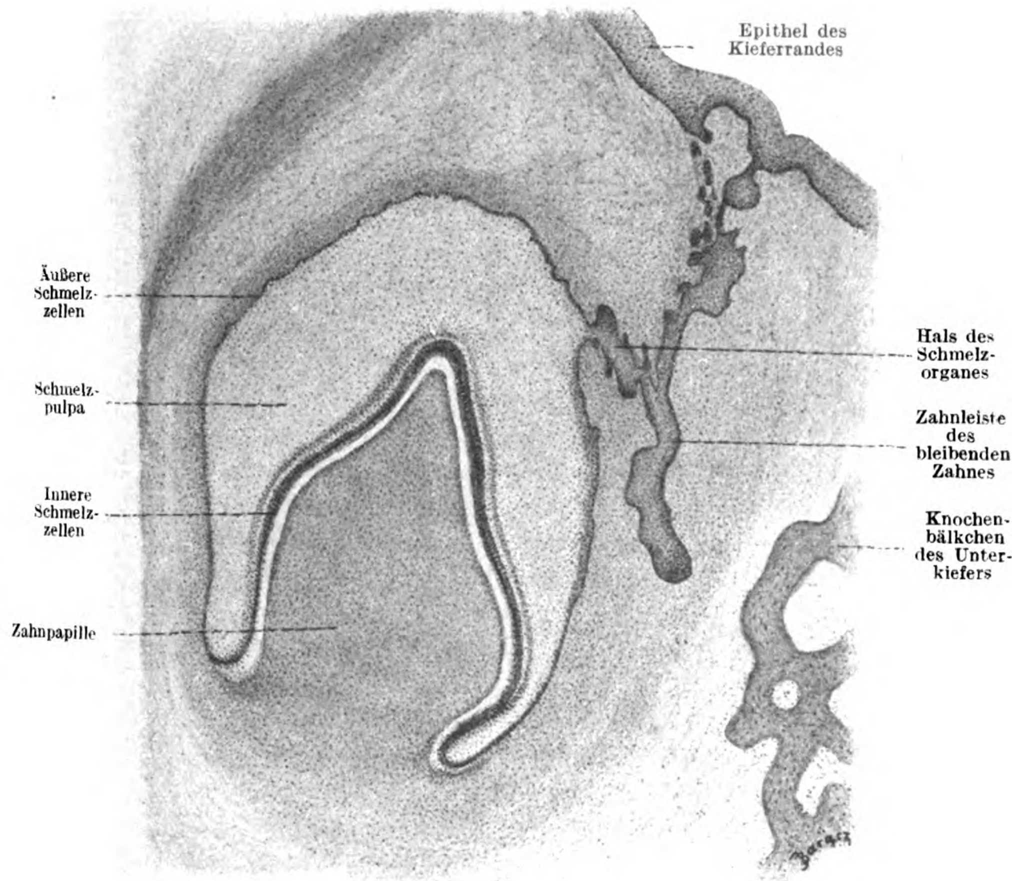


Fig. 173. Ein vorgeschrittenes Stadium der Zahnentwicklung beim Menschen (von einem $3^1/_2$monatlichen Embryo).

Ca. 65mal vergrößert.

das Epithel die Form einer Kappe an, die der bindegewebigen Papille aufsitzt und wegen ihrer Beziehung zur Schmelzbildung als Schmelzorgan bezeichnet wird. Nun beginnt die Zahnleiste sich vom Schmelzorgan zu lösen, indem die ursprünglich breite Verbindung immer dünner wird und sich zu einer dünnen Verbindungsbrücke — dem Hals des Schmelzorgans, Kolbenhals — einschnürt. An der Stelle, wo sich die Schmelzorgane der Milchzähne von der Zahnleiste abgelöst haben, treibt die letztere in das Bindegewebe eine zweite kolbige Verdickung, in welche die Zahnpapillen der bleibenden Zähne hineinwachsen (Fig. 173).

So entstehen, vom fünften Fetalmonate angefangen, in der Reihenfolge von

vorne nach hinten, sukzessiv in ganz derselben Weise wie die Milchzähne, jedoch mehr nach innen (lingual) zu die 32 Anlagen der bleibenden Zähne.

Inzwischen kommt es innerhalb des Schmelzorgans und der Papille zu Differenzierungen, die zur Bildung der Hartsubstanzen führen. An dem ersteren nämlich gewinnen die an die Zahnpapille grenzenden Zellen — die sog. inneren Schmelzzellen, Schmelzmembran — an Höhe, während die Zellen der äußersten Lage — die äußeren Schmelzzellen — sich abplatten. Die zwischen der inneren und

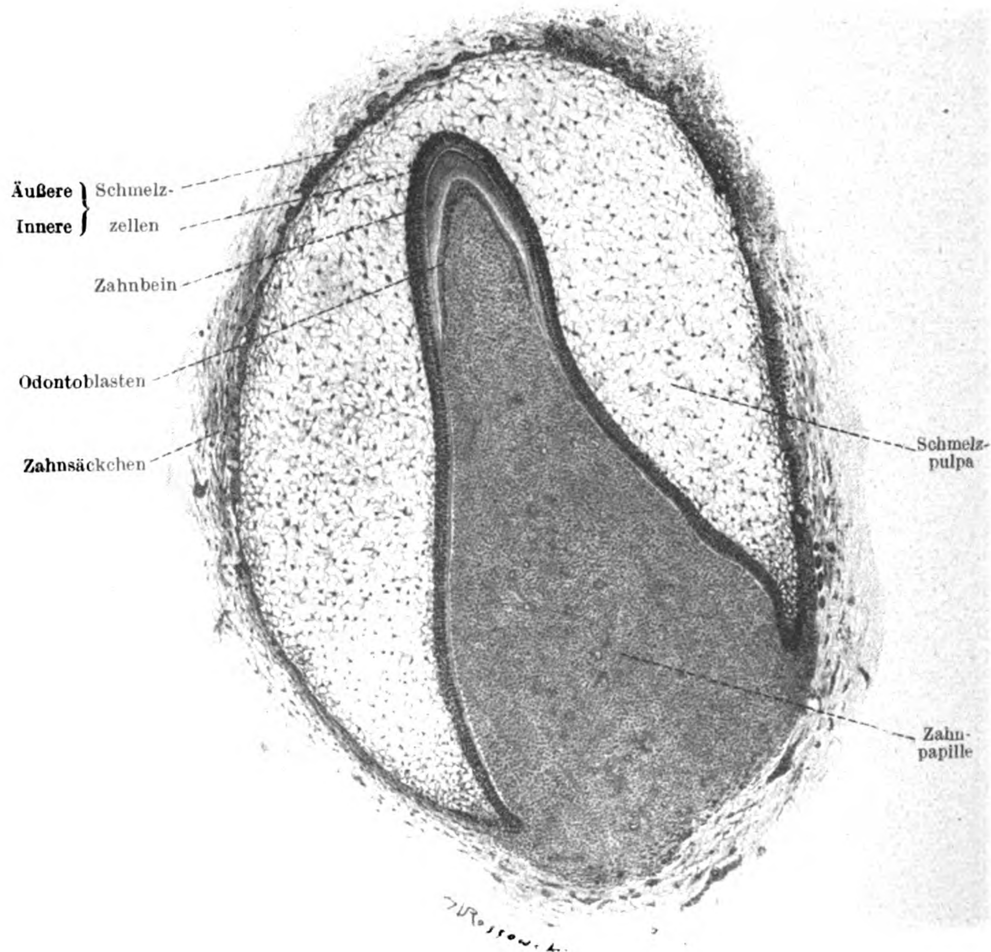


Fig. 174. Längsschnitt der Milchzahnanlage eines fünf- bis sechsmonatlichen menschlichen Embryos. Die Bildung von Dentin und Schmelz hat begonnen.

Ca. 45mal vergrößert.

der äußeren Schicht gelegenen Zellen bilden die sog. Schmelzpulpa. Zwischen diesen Zellen sammelt sich eine schleimige Interzellularsubstanz in größerer Menge an, die Zellen werden sternförmig und anastomosieren untereinander, kurz, die Schmelzpulpa geht in ein Gallertgewebe über. Später nimmt die Schmelzpulpa nach und nach an Masse ab und verschwindet fast gänzlich.

Die in der Zahnpapille vor sich gehenden Veränderungen bestehen dagegen hauptsächlich darin, daß die an der Oberfläche der Papillen liegenden Mesenchym-

zellen zylindrisch werden und sich epithelartig in einer Schicht anordnen; sie werden zu Odontoblasten. Bald verliert sich die Verbindung der Zahnleiste mit dem Epithel des Kieferrandes und die der Schmelzorgane mit der Zahnleiste; es wird nämlich die letztere vom Bindegewebe siebartig durchbrochen und in kleine Epithelnester zerlegt. Diese sind häufig kugelig und zeigen oft eine konzentrische Schichtung — eine Folge der zwiebelschalenartigen Anordnung der Epithelzellen (Epithelperlen). Unterdessen wird rings um die Zahnanlagen vom Bindegewebe eine Hülle erzeugt, das Zahnsäckchen, welches nun den Zahnkeim ringsum vollständig einschließt.

Schon um die 20. Woche beginnt beim Menschen die Bildung der Hartsubstanz des Milchgebisses (Fig. 174). Zuerst tritt das Dentin in die Erscheinung. Es ist ein Produkt der Odontoblasten; sie scheiden an ihrer Oberfläche eine homogene Substanz, das Prädentin, ab, und zwar in Form eines sehr dünnen Häutchens — Membrana praeformativa, welche sie von den inneren Schmelzzellen trennt (Kölliker). Das Prädentin geht in Dentin über; letzteres stellt anfänglich eine nicht fibrilläre Substanz dar, innerhalb welcher leimgebende Fibrillen erst später ohne Beziehung zu den Zellen gebildet werden (v. Ebner). In den letzten Jahren sind gegen diese Ansichten über den Dentinentwicklungsprozeß Einwände erhoben worden. So ist v. Korff mit der Behauptung aufgetreten, daß die Odontoblasten an der Bildung der Zahnbeingrundsubstanz unbeteiligt sind. Von Anfang an soll die Grundsubstanz fibrillär sein und die Fibrillen werden von der Pulpa gebildet, indem sie zwischen den Odontoblasten in die Fibrillen der Dentinanlage (Membrana praeformativa) übergehen. Disse dagegen kehrt zu der einst von Waldeyer ausgesprochenen Meinung zurück, daß das Zahnbein durch Umwandlung des Protoplasmas der Dentinzellen (Odontoblasten) entsteht. Erst später treten innerhalb der aus dem umgewandelten Protoplasma der Dentinzellen entstandenen homogenen Grundsubstanz die leimgebenden Fibrillen auf. Das Dentin tritt zuerst an der Spitze der Zahnpapille auf. Die Odontoblasten entsenden in das Zahnbein Ausläufer, welche als Zahnbeinfasern in die Zahnkanälchen zu liegen kommen. In der fibrillären Grundsubstanz lagern sich Kalksalze schichtweise ab. Das verkalkte Dentin erzeugt gegen das unverkalkte halbkugelige Vorsprünge, die Zahnbeinkugeln (Kölliker). Da an vielen Stellen überhaupt keine Verkalkung eintritt, werden solche kleine Stellen von den Zahnbeinkugeln begrenzt und bilden so die früher beschriebenen Interglobularräume.

Bald nach Beginn der Dentinbildung setzt auch die Schmelzbildung ein. Der Schmelz wird von den inneren Schmelzzellen (Ameloblasten, Adamantoblasten) gebildet (Taf. XXVI, Fig. 175). Das innere Schmelzepithel ist ein einschichtiges Zylinderepithel. Die Zellen sind untereinander durch zahlreiche feine Interzellularbrücken verbunden und besitzen ein doppeltes Schlußleistensystem, welches die Interzellularräume an der oberen und unteren Fläche abschließt. Das innere Schmelzepithel lagert im Bereich der künftigen Krone an seiner dem jungen Dentin zugekehrten Innenfläche eine anfangs strukturlose, weiche Substanz ab. Diese Substanz, Präadamantin, Präemail genannt, ist ein Produkt der Ameloblasten und tritt durch ihre unteren Enden, welche die kegelförmigen sog. Tomesschen Fortsätze bilden, aus (Lams). Sie sammelt sich in immer größerer Menge zwischen der unteren Oberfläche der Ameloblasten und dem schon abgelagerten jungen Dentin und fällt mit der Zeit der Verkalkung anheim. Es entstehen so walzenförmige Gebilde, die künftigen Schmelzprismen. Dieselben sitzen den Tomesschen Fortsätzen auf und bilden ihre Verlängerung nach innen zu. Zwischen den sich bildenden Prismen sammelt sich eine interplasmatische Substanz an, die sich später zu einer spärlichen Kittsubstanz verdichtet.

Endlich kommt es in der Kittsubstanz zur Ablagerung der Kalksalze. Nach Beendigung des Schmelzbildungsprozesses gehen die Schmelzzellen zugrunde; die basalen Schlußleisten gelangen an die Oberfläche und werden zum Schmelzoberhäutchen. Bei der weiteren Schmelzentwicklung wird die Schmelzpulpa immer mehr reduziert, bis sich zuletzt die äußeren Schmelzzellen an die inneren anlagern und mit diesen zugrunde gehen.

Das Zement entwickelt sich als Bindegewebsknochen aus dem an das Dentin angrenzenden Bindegewebe, dessen Zellen zu Osteoblasten werden und um sich herum Knochen absondern.

c) Die Zunge.

Die Zunge ist ein Organ, an dessen Aufbau hauptsächlich quergestreifte Muskeln beteiligt sind, die von einer Schleimhaut überzogen werden. Die Muskelfasern der Zunge lassen sich nach der Verlaufsrichtung der Bündel in drei Arten einteilen, und zwar solche, deren Bündel die Zunge von vorn nach hinten, von rechts nach links und von oben nach unten durchziehen. Diese Bündel, namentlich die in den oberflächlichen Partien der Zunge gelegenen, durchflechten sich gegenseitig und zeigen an ihren Enden nicht selten Teilungen und Verästelungen. Zwischen den Muskelbündeln finden wir reichlich

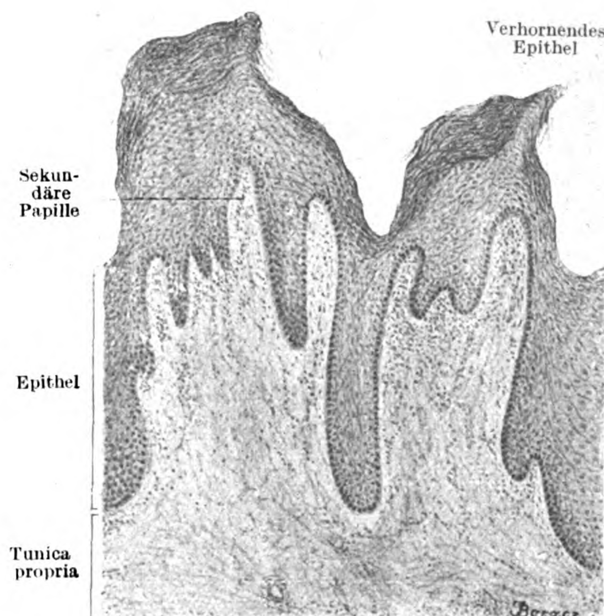


Fig. 176. Zwei fadenförmige Papillen aus der vorderen Partie der menschlichen Zunge.

Ca. 80mal vergrößert.

entwickeltes intramuskuläres Bindegewebe, das neben zahlreichen Fettzellen auch Drüsen enthält, welche tief zwischen die Muskelbündel eindringen.

Die Submukosa verbindet die Zungenmuskulatur mit der Schleimhaut. Sie ist an der Spitze und am Rücken der Zunge schwächer entwickelt und derb, dagegen an den Seiten und vor allem am Grunde des Organs stärker ausgebildet und locker. Die Submukosa ist der Sitz sehr zahlreicher Drüsen, welche am dichtesten auf der Hinterzunge gelagert erscheinen. Der Bau dieser Zungendrüsen soll im Zusammenhang mit den Speicheldrüsen behandelt werden.

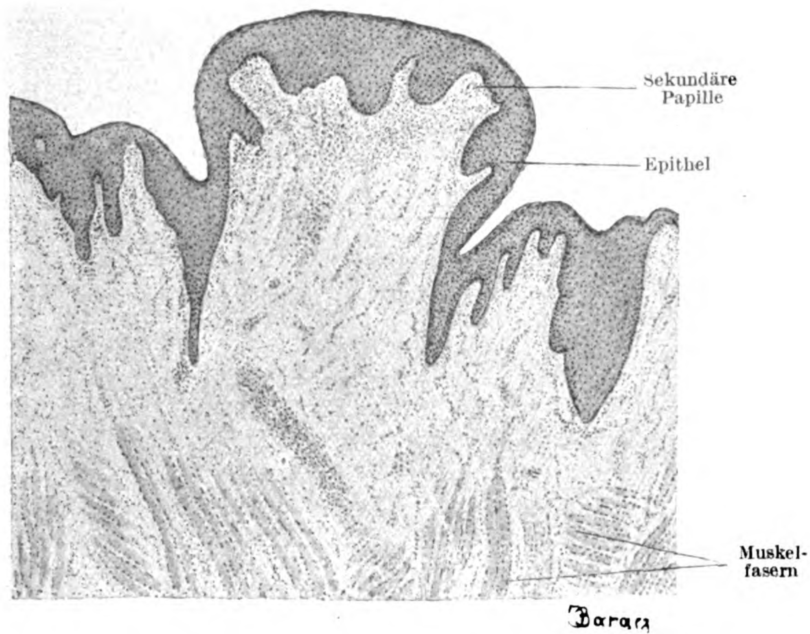


Fig. 177. Senkrechter Schnitt durch eine Papilla fungiformis des Menschen.
Ca. 45mal vergrößert.

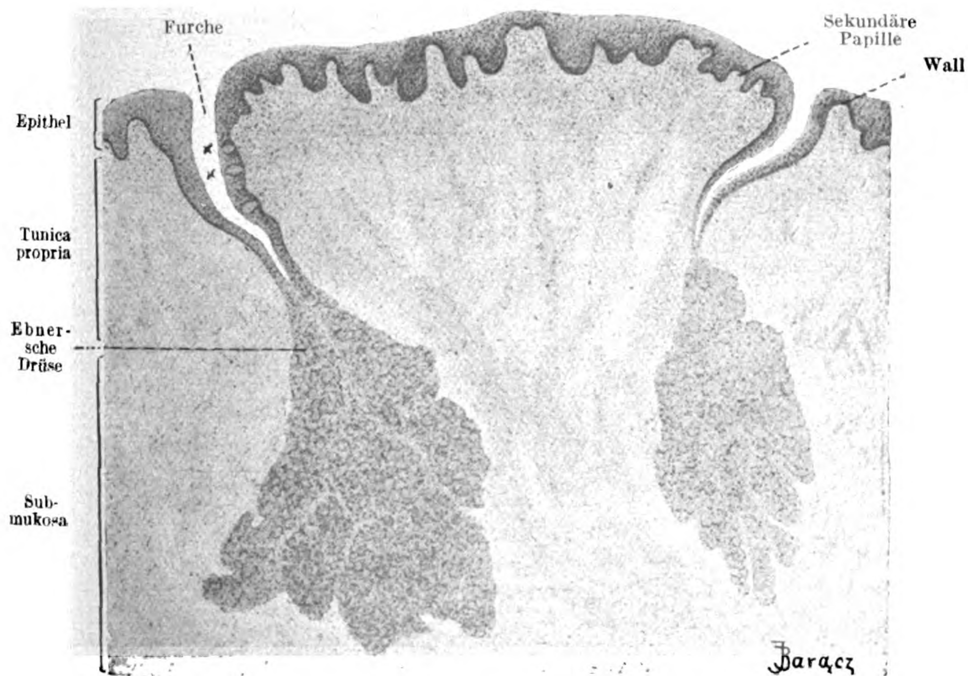


Fig. 178. Senkrechter Schnitt durch eine Papilla vallata des Menschen.
× × = Geschmacksknospen. 37mal vergrößert.

Die Schleimhaut der Zunge setzt sich, wie die übrige Mundhöhlenschleimhaut, aus einer bindegewebigen Propria und einem die letztere deckenden Epithel zusammen. Sie unterscheidet sich von der übrigen Mundschleimhaut hauptsächlich dadurch, daß sie auf dem Zungenrücken außerordentlich zahlreiche und verschieden gestaltete Erhebungen treibt, die wir als die Zungenpapillen bezeichnen. Eine jede Papille hat sonach als Grundstock eine bindegewebige Fortsetzung der Propria, der von dem Zungenepithel überzogen wird. In der Tiefe geht die Propria meist ohne jede scharfe Abgrenzung in die Submukosa über.

Wir unterscheiden beim Menschen vier Arten von Zungenpapillen: fadenförmige Papillen (Papillae filiformes), pilzförmige Papillen (Papillae fungiformes), umwallte Papillen (Papillae vallatae) und blattförmige Papillen (Papillae foliatae).

Die fadenförmigen Papillen (Fig. 176) stellen kegelförmige, über den ganzen Zungenrücken verbreitete Erhebungen von verschiedener Länge (0,7—3 mm) dar. In der Zungenmitte sind sie länger, gegen die Ränder hin werden sie niedriger. Die unter dem Epithel gelegene Propria bildet 5—20 sekundäre Papillen; diese sind von einer mächtigen Lage geschichteten Epithels bedeckt, dessen oberflächlichste Zellen verhornen können (namentlich bei Katzen). Der Epithelbelag ist nach oben zu in Form einer feinen Spitze ausgezogen, oft zerfasert er sich nach Art eines Pinsels in mehrere Fortsätze.

Die pilzförmigen Papillen (Fig. 177) sind 0,7—1,8 mm lange, keulen-, seltener pilzförmige Gebilde. Sie sind hauptsächlich in der vorderen Hälfte der Zungenoberfläche anzutreffen, zwischen den Papillae filiformes zerstreut. Von den letzteren unterscheiden sie sich durch ihre rote Farbe, die sie dem Durchschimmern der Blutgefäße der Propria durch die verhältnismäßig dünne Epithellage verdanken. Auch sind ihre sekundären Papillen zahlreicher als bei den Papillae filiformes.

Dis umwallten Papillen (Fig. 178) finden sich in der Zahl von 7—12 als runde, 1—2 mm im Durchmesser starke und 1 mm hohe Gebilde dicht vor dem Sulcus terminalis, so daß sie in ihrer Gesamtheit einen nach vorn offenen Winkel bilden. Sie ragen nur wenig über die Schleimhautoberfläche hervor. Ringsum sind sie von einer Furche und nach außen noch von einem flachen ringförmigen Wall umgeben. Die obere Fläche des bindegewebigen Grundstockes der Papille treibt zahlreiche niedrige Sekundärpapillen, über die aber das Epithel glatt hinwegzieht. Die Seitenflächen der Papille sind frei von Sekundärpapillen. Letztere enthalten dagegen die Endapparate des Geschmacksnerven, die sog. Geschmacksknospen, welche die verhältnismäßig dünne Epithellage in ihrer ganzen Dicke durchsetzen.

In die Furche münden zahlreiche seröse (v. Ebnersche) Drüsen ein, deren Beschreibung später folgen soll (Fig. 178).

Die blattförmigen Papillen haben ihren Sitz am Seitenrand des hinteren Teiles der Zunge und besitzen beim Menschen die Form

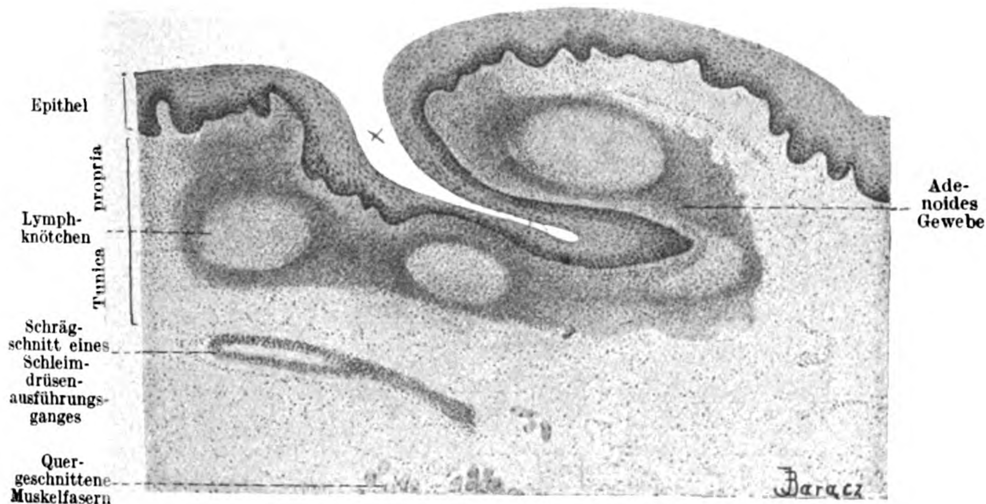


Fig. 179. Schnitt durch einen Zungenbalg des Menschen.
× = Balghöhle. 50mal vergrößert.

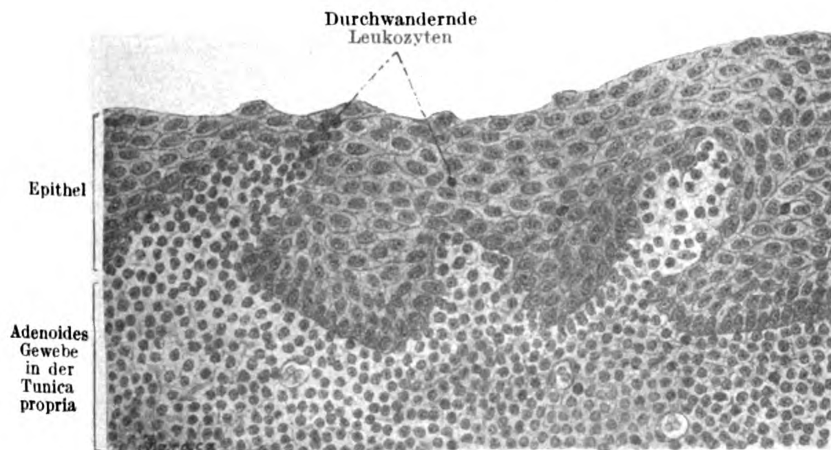


Fig. 180. Aus einem feinen Schnitt durch einen Zungenbalg des Menschen.
Ca. 260mal vergrößert.

von drei bis sechs parallelen, quer zum Zungenrande verlaufenden, durch Furchen voneinander getrennten Schleimhautfalten. Sie enthalten in ihrem Epithel ebenso wie die Papillae vallatae zahlreiche Geschmacksknospen. Viel stärker entwickelt finden wir sie bei vielen Säugetieren, so bei Affen, Halbaffen, Nagetieren. Beim Kaninchen

z. B. bilden sie ein plattes, ovales, aus zahlreichen Falten, sog. Blättern zusammengesetztes Organ, welches in den Seitenflächen der Blätter außerordentlich viele Geschmacksknospen enthält.

Die Schleimhaut der Hinterzunge weist keine Papillen auf, zeigt aber zahlreiche flache, im Durchmesser 1—4 mm haltende Erhebungen, sog. Zungenbälge, Folliculi linguales, die insgesamt den Namen Tonsilla lingualis führen (Fig. 179).

Die Mitte eines jeden Zungenbalges nimmt eine kleine Öffnung ein, welche in die Balghöhle führt. Letztere stellt eine blindsackförmige Einsenkung der Schleimhaut dar und ist, ähnlich wie die Zungenoberfläche, von geschichtetem Plattenepithel ausgekleidet. Die unter dem Epithel liegende Lamina propria enthält reichlich angehäuftes adenoides Gewebe, das von dem umgebenden fibrillären Bindegewebe scharf abgegrenzt ist und mehrere um die Balghöhle sich anordnende Knötchen mit Keimzentren bildet. Die Grenze zwischen dem Epithel der Balghöhle und dem darunterliegenden adenoiden Gewebe ist, infolge massenhafter Durchwanderung von Leukozyten in die Höhle, ziemlich verwischt, ja durch obige Wanderung kann sogar das Epithel an vielen Stellen destruiert werden (Fig. 180).

Die Arterien der Zunge sind Äste der A. lingualis. Dieselben bilden in der Submukosa ein zur Oberfläche parallel ausgebreitetes Netz, aus welchem zu den Papillen Zweige aufsteigen und in Kapillarnetze zerfallen. Die aus den letzteren sich sammelnden Venen zeigen den gleichen Verlauf wie die Arterien.

Ähnlich verhalten sich auch die Lymphgefäße der Zunge, die in der Zungenwurzel stärker entwickelt sind als im Zungenkörper. Die innerhalb des Papillenbindegewebes entspringenden Gefäße bilden einen oberflächlichen und weiterhin, innerhalb der Submukosa, einen tiefer liegenden Lymphplexus. Die abführenden Gefäße münden in die Lymphoglandulae linguales und Lymphoglandulae cervicales.

Die die Zunge versorgenden Nerven haben einen vierfachen Ursprung. Der N. lingualis (ein Ast des N. trigeminus) versorgt die ganze Vorderzunge, indem er zwei Geflechte, das eine in der Submukosa, das andere in der Lamina propria bildet, aus denen Zweige abgehen, die teils freie Endarborisationen im Bindegewebe und im Epithel bilden, teils in besondere Endkörperchen in Form der Pacinischen, Krauseschen, Meißnerschen und Ruffinischen Körperchen eintreten.

Die Nerven der Hinterzunge, die Rami linguales des N. glossopharyngeus gelangen vor allem in die Geschmacksknospen.

Einen kleinen Teil der Hinterzunge innerviert der vom N. vagus abstammende N. laryngeus superior.

Viertens tritt noch zur Zunge der N. hypoglossus. Seine Endäste stellen die motorischen Fasern der Zungenmuskulatur dar; sie endigen an den Muskelfasern mit motorischen Endplatten.

d) Die Speicheldrüsen.

Wir wollen den Bau der großen Speicheldrüsen, zu denen die Glandula submaxillaris, die Glandula sublingualis und die Glandula parotis gehören, zusammen behandeln mit dem der kleineren Speicheldrüsen, die wir in der Submukosa der Mundhöhlenschleimhaut antreffen.

Vom morphologischen Standpunkte aus, also nach der Form der Sekretionsräume, können die Speicheldrüsen in tubulöse, alveoläre und alveolär-tubulöse eingeteilt werden. Tubulös sind die v. Ebnerschen Drüsen, alveolär ist die Parotis und der seröse Teil der Submaxillaris, alle übrigen Drüsen sind alveolär-tubulös. Die kleinsten der Mundhöhlendrüsen entsprechen den verästelten Einzeldrüsen, die größeren und die großen Speicheldrüsen dagegen den zusammengesetzten Drüsen.

Vom physiologischen Gesichtspunkte aus (Rudolf Heidenhain), also nach den von den Drüsen ausgeschiedenen Produkten, teilen wir dagegen die Speicheldrüsen in seröse, d. h. eiweißhaltiges schleimfreies Sekret liefernde, in muköse, ein stark schleimhaltiges Sekret produzierende und in gemischte Drüsen, d. h. solche, die gleichzeitig beide Sekretarten absondern.

Rein serös sind die v. Ebnerschen Drüsen und die Parotis, rein mukös ist ein Teil der kleinen Mundhöhlendrüsen (Gaumendrüsen und ein Teil der Zungendrüsen), gemischt sind die Submaxillaris, Sublingualis und von den kleinen Drüsen die Wangen- und Lippendrüsen und die Glandulae linguales anteriores.

Alle größeren Mundhöhlendrüsen zeigen den typisch lappigen Bau; das Bindegewebe trennt das ganze Drüsenparenchym in größere und kleinere Läppchen.

Im Drüsenparenchym finden wir folgende Bestandteile: der von der Oberfläche der Mundhöhlenschleimhaut ausgehende Hauptausführungsgang teilt sich, in der Drüse angelangt, in zahlreiche Zweige, aus denen in größeren Drüsen die sog. Speichelröhren ihren Ursprung nehmen. Die letzteren verlaufen anfänglich interlobulär, dann treten sie in das Innere der Läppchen ein und gehen hier in sog. Schaltstücke über, die endlich in die eigentlichen sezernierenden Abschnitte, die sog. Endstücke, führen. Wenn auch dem ausführenden Gangsysteme zum großen Teil ebenfalls eine sekretorische Funktion zugeschrieben wird, so wird doch das Sekret in der Hauptsache in den Endstücken abgesondert. Jedes Endstück, mag es nun tubulöse oder alveoläre Form haben, ist

von einem einschichtigen kubischen Drüsenepithel ausgekleidet und überdies nach außen noch durch eine äußerst dünne strukturlose Membrana propria abgegrenzt. An ihrer Innenfläche finden sich zwischen ihr und den Drüsenzellen sternförmige anastomosierende Zellen, welche die Endstücke korbartig umfassen und deshalb Korbzellen genannt werden. Ob wir es hier mit epithelialen, bindegewebigen oder kontraktilen Zellen zu tun haben, ist bisher endgültig nicht entschieden worden.

Das sezernierende Epithel der Endstücke zeigt bei mukösen und bei serösen Drüsen verschiedenen Bau. Innerhalb derselben Drüse finden sich aber außerdem noch funktionelle Unterschiede, d. h. die Zellen einer tätigen, also absondernden Drüse unterscheiden sich beträchtlich von den Zellen einer ruhenden Drüse, welche längere Zeit nicht sezerniert hat. Die ruhende Zelle nimmt während der Ruhepause aus dem Blutstrome Stoffe auf, verarbeitet sie zu Sekret bzw. zu Vorstufen des Sekrets, die tätige Zelle scheidet dieses Sekret in das Drüsenlumen aus.

Untersuchen wir die Zellen einer serösen Drüse, z. B. einer Parotis, während des Ruhestadiums, so erkennen wir verhältnismäßig kleine Zellen, deren Protoplasma einen wabigen Bau zeigt. Alle Waben sind mit kugeligen Körnern ausgefüllt, so daß die ganze Zelle mit ihnen vollgepropft erscheint. Der unregelmäßig zackige Kern liegt meist in der Zellmitte und läßt stark zusammengedrängtes Chromatin erkennen. Karmin färbt den Zellkörper schwach, ein Gemisch eines roten sauren und eines blauen basischen Anilinfarbstoffs färbt den Kern blau und die Körner des Zellkörpers lebhaft rot. Beginnt die Drüse zu sezernieren, so werden die Körner verflüssigt und als Sekret ins Drüsenlumen entleert. In dem Maße als die Zelle ihre Sekretkörner ausstößt, verschwinden dieselben aus dem peripheren Teil der Zelle und es erfolgt eine Aufhellung ihrer basalen Zone, wobei die ganze Zelle kleiner wird. Der Kern wird kugelig und weist ein deutliches Chromatingerüst und Kernkörperchen auf. Das Protoplasma erscheint an der basalen Zone dichter und körnig und färbt sich mit Karmin stärker. Die Körnchen stellen eine Vorstufe des Sekrets dar und entstehen, wie neuere Forschungen (Regaud et Mawas, Debeyre u. a.) ergeben haben, aus den in dem basalen Teil der Zelle enthaltenen Mitochondrien. Die letzteren rücken dabei aus der basalen Zone immer weiter peripher vor und verwandeln sich vom Zentrum zur Peripherie fortschreitend in Sekretkörner, so daß die reifen Sekretkörner nur noch von einer ganz minimalen Rinde von mitochondrialer Substanz umhüllt sind. Die reifen Körner werden zum Teil noch innerhalb der Zelle verflüssigt, zum Teil werden sie ins Lumen ausgestoßen, um erst dort verflüssigt zu werden. Wie der Ersatz der bei dem Sekretionsprozeß verbrauchten Mitochondrien erfolgt, ist bis jetzt mit Sicherheit

noch nicht festgestellt, jedenfalls sieht man sie später wieder in der basalen Zellzone auftreten.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse in einer Schleimdrüse, z. B. in einer Gaumendrüse. Hier zeigen die im Vergleich zu den serösen Drüsen bedeutend größeren Zellen während der Ruhe ebenfalls wabigen Bau. Sie sind auch mit in die Waben eingelagerten Körnchen vollgepropft. Aber in Karmin färbt sich die

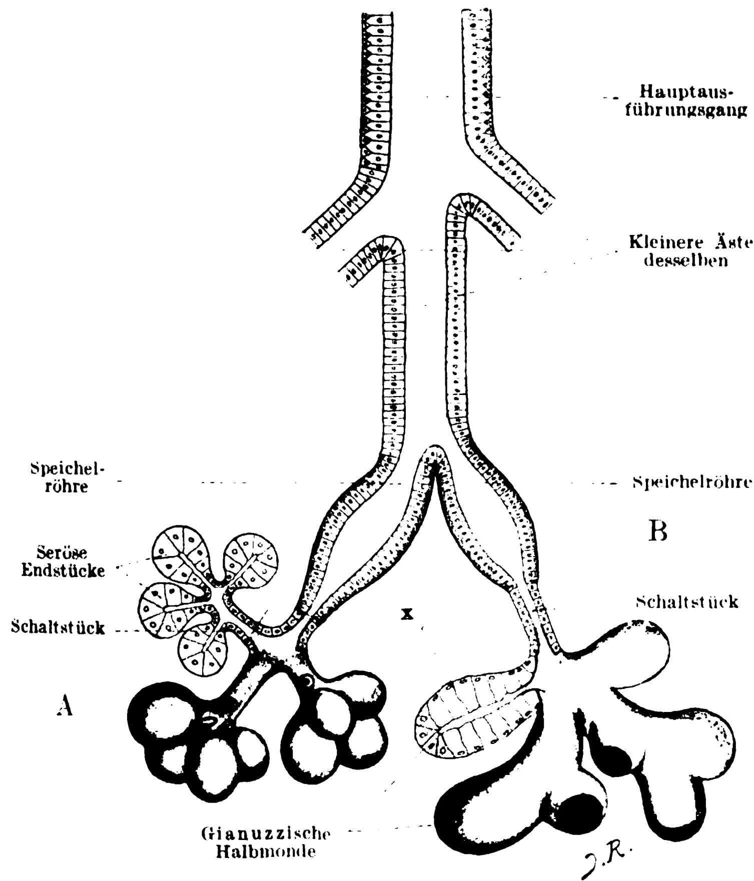


Fig. 184. Schema der Glandula submaxillaris.

A = seröser Teil; B = muköser Teil; x = Schleimtubulus mit aufsitzendem Halbmond.

Zelle nicht und in der Mischung eines sauren und eines basischen Farbstoffes färbt sich der Zellkörper mit dem basischen Farbstoff blau, nicht aber rot mit dem saueren, wie dies bei serösen Zellen der Fall ist. Es zeigen somit hier schon in diesem Stadium der sezernierenden Tätigkeit die Körner die Schleim- oder Muzinreaktion. Der Kern erscheint oft zackig, stark abgeplattet und direkt der Membrana propria angelagert oder in einen Fortsatz der Zelle hineingeschoben, so daß es oft schwer fällt, ihn zu entdecken.

Fängt die sezernierende Tätigkeit der Zelle an, d. h. beginnt die Zelle Schleim zu entleeren, so quellen die Körnchen auf, werden ins Lumen ausgestoßen, lösen sich und liefern das Muzin des Schleimes. Hand in Hand mit der Ausstoßung der Körnchen macht sich an der Basis der Zellen ein Zuwachs von sich rot färbendem Protoplasma bemerkbar, in dessen Maschen ebenfalls sich rot färbende Körnchen auftreten. Diese Granula zeigen also zunächst ein ganz gleiches Verhalten wie die der serösen Zellen. Wenn die Muzingranula gänzlich ausgestoßen sind, sieht die Schleimzelle einer serösen vollkommen ähnlich. Dieses Stadium ist aber nur von ganz kurzer Dauer, denn die kleinen, sich rot färbenden Granula, welche einer Vorstufe des Muzins, Muzigen, ausmachen, fangen nun von innen nach außen fortschreitend an, sich in Muzinsubstanz umzuwandeln.

Die Unterkieferdrüse, Glandula submaxillaris, ist eine zum Teil alveoläre, seröse, zum Teil alveolo-tubulöse, gemischte Drüse (Taf. XXVII, Fig. 181, 182, Taf. XXVIII, Fig. 183 und Fig. 184).

Der Hauptausführungsgang, Ductus submaxillaris (Whartoni), besitzt ein zweischichtiges Epithel, dessen oberflächliche Zellen zylindrisch, die darunter gelegenen kubisch sind (Steiner). Die vom Epithel durch eine strukturlose Basalmembran getrennte Bindegewebslage enthält zahlreiche elastische Fasern und Bündel längs verlaufender glatter Muskelzellen (Kölliker).

Im Inneren der Drüse angelangt, verzweigt sich der Ausführungsgang vielfach zunächst zwischen den einzelnen Drüsenläppchen in interlobuläre Ausführungsgänge, die anfangs noch die Bauverhältnisse des Ductus submaxillaris zeigen. Sobald aber diese interlobulären Gänge sich weiter geteilt haben und in die Läppchen als intralobuläre Gänge eintreten, zeigen sie eine spindelige Erweiterung, die Muskulatur schwindet und das Epithel wird einschichtig, zunächst zylindrisch, im weiteren Verlauf kubisch. Die Epithelzellen dieser inter- und intralobulären Speichelgänge oder Speichelröhren lassen an ihrer basalen Hälfte eine charakteristische Streifung erkennen — es sind das die Heidenhainschen Stäbchen. Ein genaues Studium zeigt, daß diese Stäbchen sich in Körnerreihen auflösen lassen. Höchstwahrscheinlich muß diese Streifung mit der sekretorischen Funktion in Zusammenhang gebracht werden, die auch diesen Zellen von manchen Autoren (Zerner, Eckhard, Merkel, R. Krause) zugeschrieben wird. Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß wir es auch in diesen Körnern mit Mitochondrien zu tun haben. Die intralobulären Speichelröhren gehen dann weiter in die sog. Schaltstücke über, die mit einschichtigem kubischem Epithel ausgekleidet sind (Taf. XXVII Fig. 182, Taf. XXVIII, Fig. 183).

Die Drüsenendstücke, die sich an die Schaltstücke anschließen, sind nun in der Submaxillaris zweierlei Natur, entweder rein serös oder

mukös. Die ersteren überwiegen in der menschlichen Submaxillaris beträchtlich die letzteren, so daß man in vielen Läppchen nur ganz vereinzelte muköse Endstücke antrifft (Taf. XXVIII, Fig. 183). Die serösen Endabschnitte sind alveolär. die mukösen dagegen tubulös alveolär (Fig. 184). Diesen letzteren sind jedoch in zweifacher Weise noch seröse Zellen angelagert, so daß sie nicht als rein mukös, sondern eher als gemischt zu bezeichnen sind. Der Schleimtubulus kann einmal direkt in einer serösen Alveole endigen, andererseits sitzen den Schleimalveolen kleine Komplexe seröser Zellen in Form einer Kappe auf, die Gianuzzischen oder v. Ebnerschen Halbmonde (Taf. XXVII, Fig. 182). Die Gianuzzischen Halbmonde sind zweifelsohne sezernierende Zellen (v. Ebner, Langley, E. Müller, R. Krause) und ihre Struktur zeigt so viel Ähnlichkeit mit den serösen Zellen, daß wir sie mit diesen identifizieren können. Dafür spricht auch die chemische Konstitution des Drüsensekrets. Sobald in den Schleimdrüsen Halbmonde auftreten, steigt der Eiweißgehalt des Sekrets (R. Krause). Nach neueren Untersuchungen M. Heidenhains sollen die Halbmonde neben serösen auch Schleimkörner enthalten (amphitrope Reaktion).

Das Lumen der mit mukösen Drüsenzellen ausgekleideten Tubuli ist verhältnismäßig breit; es setzt sich in den Halbmond und zwischen dessen Zellen in Form von feinen Röhrchen fort, den schon früher erwähnten Sekretkanälchen.

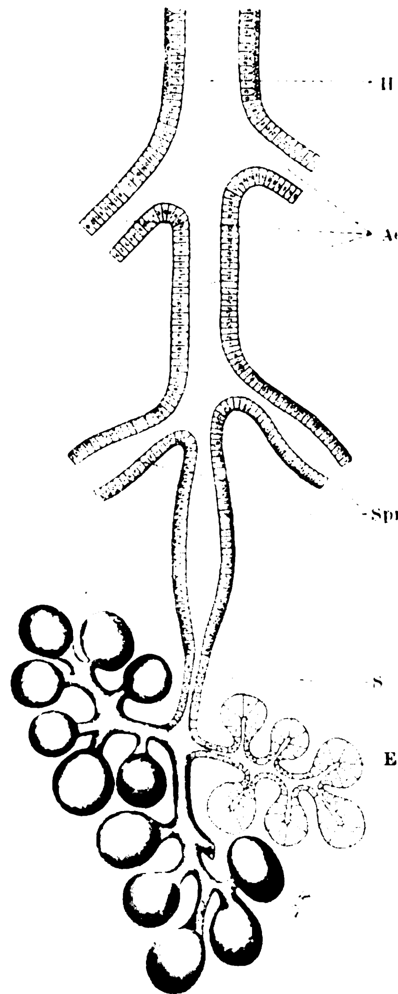


Fig. 185. Schema der Glandula parotis.

H = Hauptausführungsgang; Ae = kleinere Äste desselben; Spr = Speichelröhre; S = Schaltstück; E = Endstück.

Das Lumen der rein serösen Alveolen ist eng; von ihm dringen ebenfalls feine Sekretkanälchen zwischen die serösen Zellen ein. Ob diese Kanälchen auch in die Zellen selbst eindringen, ist eine noch strittige Frage. Das interlobuläre Bindegewebe ist in der menschlichen Submaxillaris oft außerordentlich reich an Fettzellen, die selbst bis in die Läppchen hinein dringen können.

Die Ohrspeicheldrüse, Parotis (Fig. 185, Taf. XXIX, Fig. 186, Taf. XXX, Fig. 187 und Fig. 188) ist eine rein seröse, alveoläre Drüse. Das ganze Kanalsystem: der Ausführungsgang (Ductus parotideus s. Stenoni), die Speichelröhren und die Schaltstücke verhalten sich hier ähnlich wie in der Submaxillaris. Die Zellen der Speichelröhren zeigen die Stäbchenstruktur weniger deutlich als die der Submaxillaris, die Schaltstücke sind länger und eng, mit niedrigen kubischen Zellen ausgekleidet. Die Endstücke weisen zahlreiche Sekretkanälchen zwischen den Drüsenzellen auf. Im interalveolären Bindegewebe finden sich ebenfalls zahlreiche Fettzellengruppen.

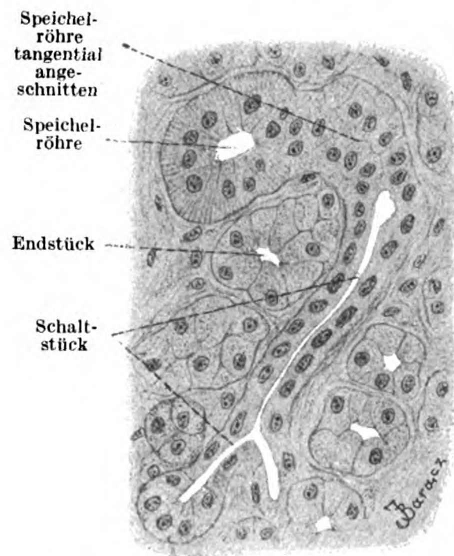


Fig. 188. Aus einem Schnitt durch die Glandula parotis des Menschen.
Ca. 450mal vergrößert.

Die Unterzungenspeicheldrüse, Glandula sublingualis (Fig. 189), ist eine vorwiegend muköse Drüse von alveolär-tubulösem Bau. Sie ist ein Komplex von einer größeren (Gl. subling. major) und 5 bis 20 kleineren Einzel-

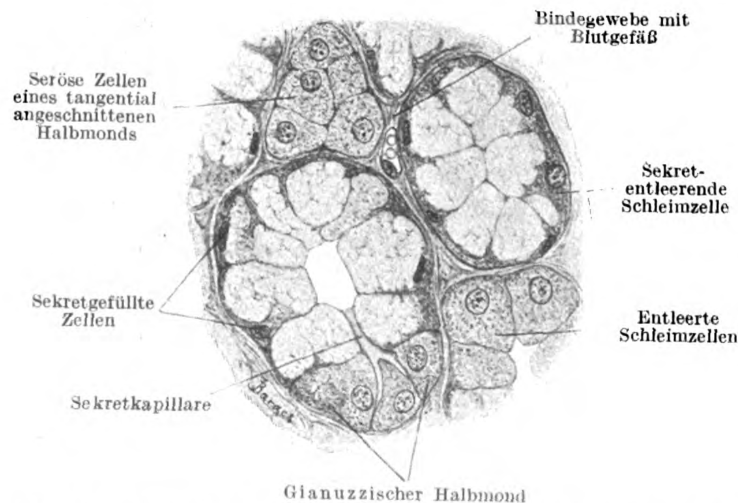


Fig. 189. Aus einem Schnitt durch die Glandula sublingualis des Menschen.
Ca. 560mal vergrößert.

drüsen (Gl. subling. minores). Der Ausführungsgang der ersteren, Ductus sublingualis major s. Bartholini, mündet zusammen mit dem

Ductus submaxillaris an der Caruncula sublingualis, die Ausführungsgänge der letzteren, Ductus sublinguales minores s. Rivini öffnen sich getrennt am Mundhöhlenboden. Die Ductus sublinguales gleichen in ihrem Bau dem Ductus submaxillaris. Die mit charakteristisch gestreiftem Epithel ausgekleideten Speichelröhren, sowie die Schaltstücke fehlen entweder ganz oder sind nur schwach angedeutet. Die aus Schlcimzellen zusammengesetzten Endstücke, die nach M. Heidenhain nichts anderes als die verschleimten Schaltstücke darstellen, zeigen immer Gianuzzische Halbmonde, zusammengesetzt aus serösen Zellen, welche in Gestalt einer Mütze oder eines Fingerhuts an der größten Ausbuchtung der Alveolen oder an den Enden der Schläuche lagern. Seltener treten seröse Zellen in einzelne Alveolen angeordnet auf. Zu den serösen Zellen gelangen Sekretkanälchen.

Die kleinen Mundhöhlendrüsen, die Wangen- und Lippendrüsen, sowie die Glandulae linguales anteriores (Blandini, Nuhni), welche beiderseits an der Spitze der Zunge eine Gruppe von kleinen Drüsen bilden, gleichen in ihrem Bau der Glandula sublingualis — es sind alveolär-tubulöse Schleimdrüsen mit Halbmonden, d. h. eigentlich gemischte Drüsen. Die Gaumendrüsen und ein Teil der Zungendrüsen dagegen sind alveolär-tubulöse Schleimdrüsen, die keine Halbmonde besitzen. Eine Sonderstellung unter den Zungendrüsen nehmen die v. Ebnerschen Drüsen ein; sie sind, wie schon früher hervorgehoben wurde, rein serös, gehören dem verzweigt tubulösen Typus an (Maziarski) und sind nur auf die Gegend der Papillae vallatae und foliatae beschränkt (Fig. 178). Die Ausführungsgänge sind mit einfachem Zylinderepithel ausgekleidet, welches innerhalb der Drüse immer niedriger kubisch wird und in den Tubuli in die kegelförmigen serösen Zellen übergeht. Das Lumen der Tubuli ist sehr eng, Sekretkanälchen finden sich sehr zahlreich.

Demzufolge sind also die Zungendrüsen teils rein serös, teils rein mukös, zum Teil aber gemischt.

Die Speicheldrüsen sind mit Blutgefäßen reichlich versehen. Die Arterien verzweigen sich im Bindegewebe zwischen den Läppchen, dringen in die letzteren ein, zerfallen hier in feine Ästchen und umspinnen die Endstücke mit einem dichten, außerhalb der Membrana propria gelegenen Kapillarnetze, aus welchem dann ganz ähnlich verlaufende Venen hervorgehen (Taf. XL, Fig. 207).

Die Lymphgefäße der Speicheldrüsen entwickeln sich aus Spalträumen, welche die Membrana propria der Endstücke von den Kapillaren trennen (Gianuzzi). Es muß also das zur Sekretion bestimmte Material zunächst aus den Blutkapillaren in die Lymphräume und von diesen erst zu den Drüsenzellen übertreten. In diesen Lymphspalten trifft man, besonders bei der tätigen Drüse, Wanderzellen und Mastzellen in reicher Fülle an (R. Heidenhain, R. Krause). Die peri-

alveolären und peritubulären Lymphspalten kommunizieren miteinander und münden in die interlobulären Lymphkapillaren, welche wiederum mit den Lymphscheiden der interlobulären Blutgefäße in Verbindung stehen.

Die Nerven der Speicheldrüsen können wir ihrer Funktion nach in drei Gattungen teilen. Die Absonderungsnerven stammen aus dem N. intermedius für die Submaxillaris und Sublingualis und einen Teil der Zungendrüsen, aus dem N. glossopharyngeus für die Parotis, die Gaumendrüsen und Zungendrüsen. Die sensiblen Nerven sind Zweige des N. trigeminus. Die Gefäßnerven entstammen dem Halssympathikus und den Gefäßgeflechten der großen Arterien. Die sekretorischen Nerven umspinnen die Alveolen, ihre Zweige sollen die Membrana propria durchdringen, um zwischen und an den Drüsenzellen zu endigen (Retzius, Fusari). Die sensiblen Nerven endigen wohl zumeist im interlobulären Bindegewebe, manchmal innerhalb besonderer Endkörperchen (W. Krause). Die sympathischen Fasern bilden um die Gefäße der Drüsen dichte Netze, sie stehen in Verbindung mit kleinen sympathischen Ganglien, denen man im interlobulären Bindegewebe gar nicht selten begegnet. Physiologische Experimente (Eckhard, R. Heidenhain) machen es sehr wahrscheinlich, daß auch diese sympathischen Fasern mit den Drüsenzellen in direkte Verbindung treten.

Der Speichel, Saliva, ist eine klare fadenziehende Flüssigkeit, setzt sich aus den Sekreten aller in die Mundhöhlen einmündenden Drüsen zusammen und enthält geformte Elemente nur in geringer Zahl. Neben einer großen Menge von Saprophyten (Leptothrix, Spirillen, Kokken usw.) finden sich noch im Mundspeichel abgestoßene Zellen des Mundhöhlenepithels und die sog. Speichelkörperchen. Die Speichelkörperchen sind kugelige, im Durchmesser ca. 10 μ haltende körnige Körperchen. Nicht immer kann an diesen abgestorbenen Elementen ein Kern erkannt werden; ihr körniger Inhalt zeigt sehr schön das Phänomen der Brownschen Molekularbewegung. Wenn die Speichelkörperchen fast allgemein als Lymphozyten betrachtet werden, welche vor allem aus den lymphoiden Organen der Mundhöhle (Tonsillen, Zungenbälge) durch das Epithel in die Mundhöhle gelangen, sieht sie Laquer für echte neutrophile Leukozyten bzw. Zerfallsprodukte von solchen an, die hauptsächlich durch die Schleimhaut des Rachendaches durchwandern, Retterer und Lelièvre behaupten dagegen, die Speichelkörperchen seien keine Blutelemente, sondern freigewordene Kerne der abgestoßenen Epithelzellen mit einem schmalen Plasmasaum umgeben.

2. Die Schlundhöhle.

Die Schlundhöhle, Cavum pharyngis, ist ein dem Verdauungs- und Atmungssystem gemeinsamer Hohlraum. Es kann in ihr eine Pars nasalis, oralis und laryngea unterschieden werden.

Was ihre Epithelauskleidung anbetrifft, so sehen wir, daß das mehrreihige Flimmerepithel der Pars respiratoria der Nasenhöhle sich auch auf die Pars nasalis der Schlundhöhle fortsetzt, während das Epithel der Pars oralis und laryngea sich in nichts von der Epithelauskleidung der Mundhöhle unterscheidet, also ein geschichtetes Plattenepithel darstellt. Die Lamina propria trägt da, wo sie mit geschichtetem Plattenepithel bedeckt ist, Papillen und wird von adenoidem Gewebe reichlich durchsetzt. Es kommt hier zur Bildung zahlreicher zerstreuter Follikel und am Gewölbe des Pharynx zu einer ansehnlichen Anhäufung des adenoiden Gewebes unter Bildung der sog. Rachenmandel, Tonsilla pharyngea, sowie jederseits zwischen beiden Gaumenbögen zur Bildung der Gaumenmandeln, Tonsillae palatinae (Taf. XXXI, Fig. 190). Die letzteren entsprechen in bezug auf den Bau genau den oben beschriebenen Zungenbalgdrüsen mit dem Unterschiede, daß sie bedeutend größer sind und ein Konglomerat von 10 bis 20 Balgdrüsen darstellen. Die Höhlen innerhalb der einzelnen Bälge sind auch viel tiefer und gabeln sich mehrmals, indem sie verästelte Taschen bilden. In der Gegend der Gaumentonsillen liegen zahlreiche Schleimdrüsen.

Der Bau der Rachenmandel unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der Gaumenmandel. Die Furchen, fünf bis sechs an der Zahl, sind im tieferen Teil oft mit Flimmerepithel ausgekleidet. Es münden in sie die Ausführungsgänge der vorwiegend gemischten Drüsen, welche unter der Pharynxtonsille in zusammenhängender Schicht lagern.

Unter der Lamina propria bilden in der Hauptsache längsverlaufende elastische Fasern eine mächtige Lage (elastische Grenzschicht), die in der Pars laryngea eine noch stärkere Entwicklung erfährt. Beim Übergange in den Ösophagus verschwindet allmählich die elastische Grenzschicht, indem sie in die Muscularis mucosae übergeht. Die elastische Grenzschicht legt sich größtenteils direkt der Innenseite der Schlundkopfmuskeln an und sendet in die intermuskulären Septen starke Züge elastischer Fasern, welche die angrenzenden Muskelbündel umspinnen (J. Schaffer).

Eine Submukosa ist also im größten Teil des Schlundkopfes nicht vorhanden und die Körper der Schleimdrüsen lagern sich zwischen die Muskelbündel. Nur in der Pars laryngea hebt sich die elastische Grenzschicht von der Muskelschicht ab, nur da kann also von einer Submukosa gesprochen werden, in welcher die Drüsen liegen.

Die Drüsen der Pars oralis und laryngea sind rein mukös und liegen unter der elastischen Grenzschicht, die Drüsen der Pars nasalis zeigen gegen den Fornix hin vielfach Halbmondbildungen und liegen nach innen von der elastischen Grenzschicht, d. h. in der Schleimhaut selbst, im Gegensatz zu den übrigen Pharynxdrüsen und in Übereinstimmung mit den Drüsen der Nasenhöhle (J. Schaffer).

Die nach außen folgende Muskelhaut des Schlundkopfes (Mm. constrictores pharyngis) besteht aus quergestreiften Muskelfasern.

3. Die Speiseröhre.

Die Wand der Speiseröhre (Ösophagus) setzt sich aus einer Schleimhaut (Mukosa), dem Unterschleimhautgewebe (Submukosa), der Muskelhaut (Muskularis) und der Faserhaut (Tunica adventitia) zusammen (Fig. 191 und Taf. XXXII, Fig. 192).

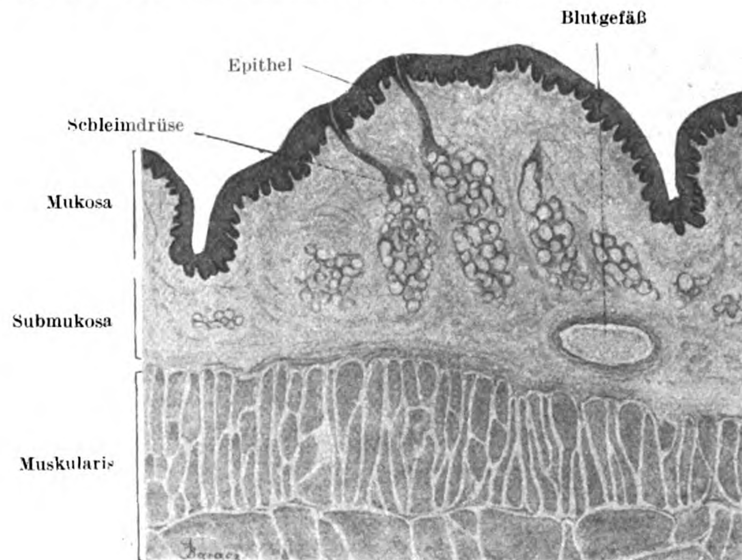


Fig. 191. Stück eines Querschnittes der Speiseröhre des Hundes. Ca. 25mal vergrößert.

Die Schleimhaut legt sich in Längsfalten; sie ist mit geschichtetem Plattenepithel ausgekleidet, welches Inseln von einfachem Zylinderepithel enthalten kann. Die Lamina propria bildet Papillen, über welche das Epithel mit glatter Oberfläche hinwegzieht. Von der Submukosa ist sie durch eine Schicht längsverlaufender, zu kleinen Bündeln angeordneter glatter Muskelzellen gesondert, welche erst in der unteren Hälfte der Speiseröhre eine geschlossene Lage bildet. Diese Schicht ist die Muscularis mucosae, die wir von hier an in der ganzen Länge des Magendarmrohres vorfinden werden.

Die Speiseröhre besitzt zwei Arten von Drüsen. Die eine liegt in der Lamina propria, es sind dies die sog. kardialen Ösophagusdrüsen; die zweite Art treffen wir hingegen in der Submukosa, es sind Schleimdrüsen. Von den kardialen Ösophagusdrüsen, deren Kenntnis wir insbesondere J. Schaffer verdanken, unterscheiden wir obere, die bald in der Höhe des Ringknorpels, bald weiter hinab bis in der Höhe des vierten bis fünften Trachealringes gelegen sind — und untere, die im untersten Ende des Ösophagus, unmittelbar vor dessen Übergang in die Kardia des Magens, ihren Sitz haben. Tubulöse Drüsen sind es, welche in ihrem Bau ganz den Kardiadrüsen des Magens gleichen, nur daß sie sich etwas reichlicher als die letzteren verästeln (Taf. XXXII, Fig. 192). Nach den umfassenden Untersuchungen von Gliński lassen sich die oberen kardialen Ösophagusdrüsen mit freiem Auge nur in ca. 6% der untersuchten Fälle entdecken, mikroskopisch aber kann man sie bei ungefähr 50% aller Individuen nachweisen. Sie erscheinen in der Regel in Gestalt zweier symmetrischer Herde in den Seitenbuchten des oberen Teiles des Ösophagus, manchmal aber treten sie asymmetrisch nur in der rechten Seite auf. Diese Drüsen bilden teils ausgedehnte (2—3 qcm) Komplexe, teils liegen sie einzeln oder in kleinen Gruppen zerstreut. In der Regel sind sie in ein lockeres lymphadenoides Gewebe eingelagert. Die Mündungen ihrer Ausführungsgänge sind gewöhnlich abwärts gerichtet. In diesen Drüsen erscheinen, wie in den Labdrüsen des Magens, zwei Zellarten: Haupt- und Belegzellen, von denen die letzteren in manchen Fällen sehr reichlich vorhanden sein, in anderen wieder ganz fehlen können. Deshalb bezeichnet Gliński diese Drüsen als „Labdrüsen im oberen Teile der Speiseröhre“.

Die in der Submukosa gelegenen Schleimdrüsen kommen im Ösophagus des Menschen in wechselnder Menge und hauptsächlich in seinem oberen und unteren Abschnitt vor. Es sind alveolär-tubulöse Drüsen ohne Halbmondbildungen. Die Ausführungsgänge sind oft stark gewunden und zeigen gewöhnlich vor ihrem Durchtritt durch die Muscularis mucosae ampullenartige Erweiterungen.

Die nach außen auf die Submukosa folgende Muskularis setzt sich im oberen Viertel fast ausschließlich aus quergestreiften Fasern zusammen, doch kommen auch hier schon glatte Muskelzellen in der inneren Schicht zum Vorschein. Je weiter wir nach unten absteigen, um so mehr werden die ersteren durch die letzteren ersetzt, so daß wir im unteren Viertel fast lauter glatten Zellen begegnen.

Die glatte Muskulatur besteht aus zwei Schichten: einer inneren, vorwiegend zirkulär und schräg oder spiralig verlaufenden und einer äußeren, welche größtenteils längsverlaufende Bündel enthält. Oben ist die Längsfaserschicht überwiegend, im unteren Viertel dagegen

wird die Längsfaserschicht von der inneren Ringfaserschicht um mehr als das Dreifache an Dicke übertroffen.

Die aus derbem fibrillären Bindegewebe bestehende Faserhaut (Tunica adventitia) verbindet die Wand des Ösophagus mit den Nachbarorganen.

Die Blut- und Lymphgefäße bilden Netze innerhalb der Submukosa und Muskularis. Aus dem oberflächlichen Kapillarnetz der Blutgefäße treten nach innen zu feine, die Papillen versorgende Schlingen aus. Die abführenden Lymphgefäße gelangen teils zu den Lymphoglandulae mediastinales posteriores, teils zu den Lymphoglandulae cervicales profundae.

Die Nerven der Speiseröhre bilden einen ausgedehnten Plexus markloser und markhaltiger Fasern, der sich zwischen Ring- und Längsmuskelschicht ausbreitet und mit zahlreichen sympathischen Zellen besetzt ist. Aus ihm treten einmal motorische Fasern zu den Muskelzellen und endigen hier in typischen Endplatten, andererseits gehen Fasern zur Submukosa, um hier einen zweiten, ebenfalls mit sympathischen Zellen besetzten Plexus zu bilden, aus dem Fasern für die Drüsen, Gefäße und Muscularis mucosae hervorgehen. Zahlreiche Fasern treten endlich in die Papillen der Propria ein und endigen zwischen den Epithelzellen.

4. Der Magen.

Zu den Schichten, die wir im Ösophagus unterschieden haben, also zur Mukosa, Submukosa und Muskularis gesellt sich hier auf der Außenfläche noch eine weitere Schicht, das Peritoneum (Fig. 193).

Die Magenschleimhaut hat im frischen Zustande eine graurötliche Farbe, wodurch sie sich deutlich von der weißen Speiseröhrenschleimhaut abhebt. Sie legt sich im leeren Magen in durch Schrägfalten verbundene Längsfalten, so daß ein langgezogenes Maschenwerk zustande kommt. Andere kleinere Fältchen und kleine zottenförmige Erhebungen (Plicae villosae) findet man namentlich im Pylorusteil. Die gesamte Schleimhautoberfläche zeigt ferner, manchmal sehr deutlich, manchmal nur eben angedeutet, eine Felderung. Unregelmäßig polygonale Felder — Areae gastricae — von 1—4 mm Durchmesser grenzen sich durch seichte Furchen gegeneinander ab. Ist diese Erscheinung deutlich ausgeprägt, so sprechen wir von einem Status mamillaris (Etat mamelonné); er soll das Resultat einer ungleichmäßigen Verteilung und Entwicklung der Magendrüsen sein. Innerhalb der einzelnen Felder erscheinen schließlich zahlreiche, schon mit bloßem Auge sichtbare Vertiefungen, die Magengrübchen, Foveolae gastricae; sie sind im Pylorusteil tiefer und weiter als im Fundusteil; in ihren Grund münden die Magendrüsen. Die Magenschleimhaut

ist am dünnsten in der Kardia (bis unter 0,5 mm), wird aber in der Richtung zum Pylorus hin immer dicker und erreicht hier eine Mächtigkeit von über 2 mm. Die Bestandteile der Magenschleimhaut sind dieselben wie in der Speiseröhre: das Epithel, die Lamina propria und die Muscularis mucosae (Taf. XXXII, Fig. 192).

Das die Magenschleimhaut deckende Epithel ist ein einschichtiges Zylinderepithel. Seine Zellen sind vier- bis achtmal so hoch als breit und überziehen nicht nur die gesamte Schleimhautoberfläche, sondern senken sich auch in die Tiefe der Magengrübchen hinein, wo sie etwas

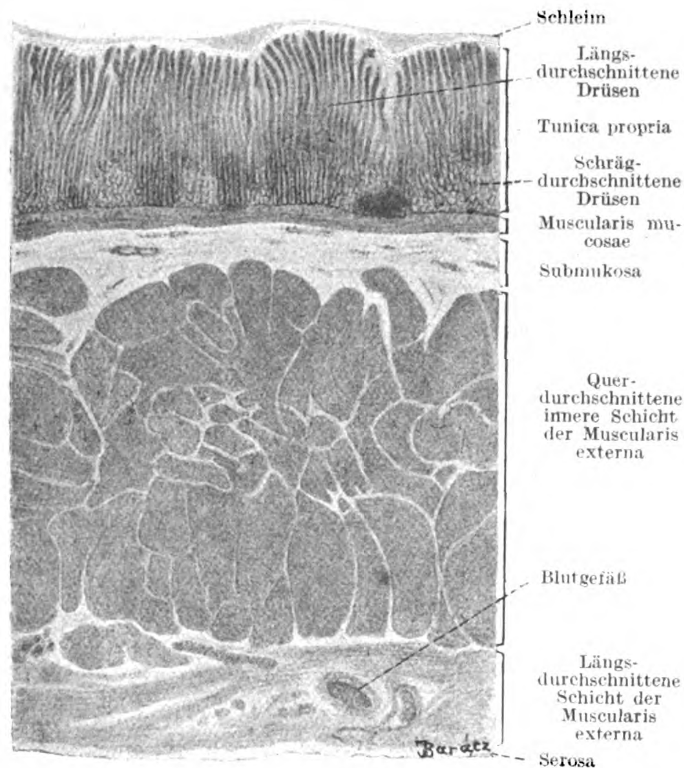


Fig. 193. Durchschnitt durch die Magenwand des Menschen (Pylorusregion). Ca. 14mal vergrößert.

niedriger werden. Der Übergang des geschichteten Plattenepithels der Speiseröhre in das Zylinderepithel der Kardia erfolgt ganz unvermittelt (Taf. XXXII, Fig. 192). Die Zellen des Magenepithels sind Schleimzellen und gegen äußere Einflüsse sehr empfindlich. Es lassen sich an ihrem Körper zwei Abschnitte unterscheiden: ein basaler, körniger, protoplasmatischer, welcher einen ovalen Kern aufweist, und ein apikaler, mehr homogener, verschleimter Abschnitt, welcher in seiner Längsachse zwei kleine, in wechselnder Höhe liegende Zentralkörperchen enthält. Das Verhältnis der beiden Abschnitte zueinander

ist von funktionellen Zuständen abhängig. Der Kern liegt ungefähr auf der Grenze beider, deshalb findet man ihn bald mehr an der Basis, bald mehr in der Zellmitte.

Da sie in fortwährender gleichmäßiger Tätigkeit verharren, so kann man an ihnen nicht, wie an anderen Schleimzellen, z. B. den Becherzellen, Ruhe- und Tätigkeitsstadien unterscheiden. Ihre Schleimkörner werden noch innerhalb der Zelle verflüssigt und stetig aus der freien Zelloberfläche entleert, die nur ausnahmsweise durch einen Kutikularsaum abgeschlossen erscheint. Zwischen den Zellen treten nahe der freien Oberfläche deutliche Schlußleisten hervor.

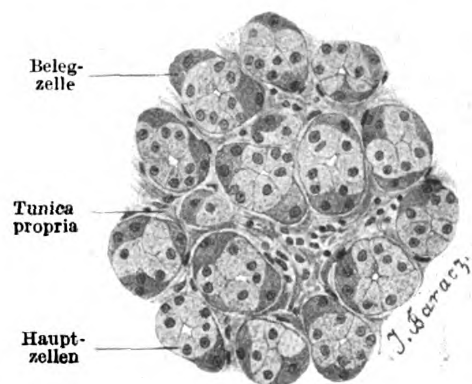


Fig. 195. Quergeschnittene Drüsen aus dem Fundus der Maus.
Ca. 300mal vergrößert.

Unter dem Epithel liegt die Lamina propria, in ihrer Zusammensetzung eine Kombination von feinem leimgebenden, fibrillären Bindegewebe und einem, mehr oder weniger zahlreiche Lymphozyten enthaltenden retikulären Gewebe. Es kommt nur selten im Magen zu größeren Anhäufungen von Lymphozyten in Form von Follikeln, Solitärknötchen. Nach Faber sollen dieselben beim Erwachsenen immer pathologische Vorkommnisse darstellen. Die Lamina propria wird gegen die Submukosa abgegrenzt durch die aus zwei oder drei sich kreuzenden und zu der Oberfläche parallel laufenden Schichten glatter Muskelzellen bestehende Muscularis mucosae. In der Lamina propria haben ihren Sitz die Magendrüsen, welche in ihr ein kontinuierliches Drüsenlager bilden. Sämtliche Zwischenräume zwischen diesen Drüsen werden von der Propria ausgefüllt. Von der Muscularis mucosae zweigen sich einzelne Züge von Muskelzellen ab, dringen zwischen die Drüsen ein und gelangen gewöhnlich bis unter das Epithel der Magenoberfläche.

Wir müssen drei nicht nur durch ihre Lagerung, sondern auch in ihrem Bau differente Arten von Magendrüsen unterscheiden: die Kardiadrüsen, die Fundusdrüsen und die Pylorusdrüsen.

Die größte Verbreitung besitzen die Fundusdrüsen (Glandulae gastricae propriae), die auch als Labdrüsen oder Pepsindrüsen bezeichnet werden (Taf. XXXIII, Fig. 194, Fig. 195, 196 und 197). Man trifft sie im ganzen Korpus und im Fundus des Magens. Es sind verästelte tubulöse Drüsen von 0,3 bis 1,5 mm Länge, wovon ein Viertel bis etwa ein Drittel auf die Magengrübchen entfällt, die man als die

Drüsenausführungsgänge betrachten kann. Sie münden immer zu mehreren in der Tiefe eines Magengrübchens. Die Drüse geht mit einem etwas verschmälerten Halsteil in das Magengrübchen über und kann sich in mehrere Äste teilen, die dicht nebeneinander in gestrecktem oder etwas geschlängeltem Verlauf die ganze Dicke der Lamina propria bis zur Muscularis mucosae durchsetzen, wo sie mit einem meist verdickten Grund endigen. Das Drüsenlumen ist im ganzen sehr eng und nur im Grunde unerheblich erweitert. Umgeben ist die Drüse von einer strukturlosen Membrana propria, mit aufgelagerten sternförmigen Zellen. Das Epithel der Fundusdrüsen baut sich aus zwei Zellarten auf: den Hauptzellen (R. Heidenhain) oder adelomorphen Zellen (Rollett) und den Belegzellen (R. Heidenhain) oder delomorphen Zellen (Rollett) (Taf. XXXIII, Fig. 194 u. Fig. 195).

Die Hauptzellen machen die Hauptmasse der Drüsenschläuche aus und begrenzen deren Lumen. Von kegelförmiger oder kubischer Gestalt sind sie in ihrer Größe vom Funktionszustand abhängig, nämlich im Hunger größer als während der Verdauung. Sie enthalten mehr oder minder zahlreiche, feine, stark lichtbrechende Körnchen von Propepsin, einer Vorstufe des als Pepsin bekannten Fermentes (Pepsinogengranula — R. Heidenhain, Langley) in der Innenzone der Zellen, die auf Kosten der dunkleren und homogenen, den Kern führenden Außenzone zunehmen kann. In dieser letzteren kommt es zur Differenzierung von ergastoplasmatischen Basalfilamenten (Bensley, Zimmermann, Théohari), welche in Verbindung mit der Bildung der Pepsinogengranula stehen. Diese Granula sind sehr empfindliche Gebilde und werden durch die meisten Reagenzien zerstört, so daß in den fixierten Präparaten die Hauptzellen gewöhnlich heller als im frischen Zustand und durchsichtiger als die Belegzellen erscheinen. Neben dem Pepsin soll von den Hauptzellen noch Labenzym abgesondert werden. Mit Gemischen von sauren und basischen Farbstoffen behandelt, erweisen sich die Hauptzellen als basophil.

Die Belegzellen sind nicht so zahlreich wie die vorigen und liegen größtenteils vom Drüsenlumen entfernt an der Peripherie der Drüsenwand. Sie sind unregelmäßig innerhalb des Drüsenschlauches verteilt; am dichtesten finden sie sich im Drüsenhals, wo sie stellenweise die Hauptzellen an Zahl übertreffen. Im Drüsenkörper sind sie weniger zahlreich und im Drüsengrunde erscheinen sie nur in spärlicher Zahl oder fehlen hier sogar ganz. Während sie sich im Drüsenhals zwischen die Hauptzellen eindrängen und oft mit den letzteren an der Begrenzung des Drüsenlumens teilnehmen, sind sie im Körper und im Grunde durch die Hauptzellen gleichsam aus der Zellreihe gegen die Peripherie hin verdrängt, erreichen das Drüsenlumen nicht mehr und wölben die Membrana propria nach außen vor (Fig. 195).

Die Belegzellen sind größer als die Hauptzellen, von kugeliger, ovoider oder polyedrischer Gestalt und enthalten einen oder zwei kugelige Kerne. Im Hungerzustand sind sie kleiner als nach Fütterung. Frisch untersucht zeigen sie eine feine Granulierung und erscheinen heller als die Hauptzellen. Im fixierten Präparat dagegen sehen sie meist dunkler als letztere aus und zeichnen sich durch ihre starke Affinität für saure und neutrale Farbstoffe aus (z. B. für Eosin, Kongorot, neutrales Karmin). Auch jene Belegzellen, die nicht direkt an das Drüsenlumen grenzen, stehen mit demselben dennoch mittels eines zwischen den Hauptzellen sich hindurchzwängenden Sekretganges in Verbindung. Dieser zerfällt, an der Belegzelle angekommen, in feine Sekretkanälchen, welche die Zelle korbartig umflechten, aber auch das Innere der Zelle durchsetzen, mithin nicht nur perizellulär, sondern auch intrazellulär verlaufen. Die Sekretkanälchen der der Lichtung unmittelbar anliegenden Zellen münden direkt in das zentrale Drüsenlumen (Fig. 196 und 197). Die Golgische Chromsilbermethode läßt diese Sekretkapillaren sehr deutlich hervortreten. Während der Verdauung werden sie breiter, weil sie mit Sekret ausgefüllt sind. Dann sind auch die intrazellulären Röhrchen besser zu erkennen. Den Belegzellen wird die Erzeugung der Salzsäure des Magensaftes zugeschrieben, hauptsächlich deshalb, weil das Pylorussekret immer alkalisch reagiert, seine Drüsen also keine Salzsäure absondern.





Fig. 196. Fig. 197.

Fig. 196. Längsschnitt einer Fundusdrüse der Maus.

Golgi-Imprägnation. Ca. 125mal vergrößert.

Fig. 197. Aus einer Fundusdrüse der Maus.

In das Drüsenlumen münden Korbkapillaren, welche drei Belegzellen umfassen. Ca. 600mal vergrößert.

Den zweiten Platz in bezug auf die Verbreitung nehmen die Pylorusdrüsen (Glandulae pyloricae) ein (Taf. XXXIV, Fig. 198), welche ausschließlich im Pylorus und seiner nächsten Umgebung vorkommen. Es sind einfache oder auch verzweigte alveolär-tubulöse Drüsen mit sackförmig erweitertem Endabschnitt. Außerdem unterscheiden sie sich von den Fundusdrüsen dadurch, daß sie häufiger Teilungen unterliegen, einen mehr gewundenen Verlauf zeigen, und daß die Magengrübchen, in die sie münden, etwas tiefer sind als im Fundus. Sie nehmen nur etwa die

Hälfte der ganzen Schleimhautdicke für sich in Anspruch und sind auch durch das Bindegewebe der Propria weiter voneinander geschieden als die Fundusdrüsen. Was aber diese Drüsen am meisten charakterisiert, ist der Umstand, daß sie in der Regel bloß eine Art von Zellen enthalten. Die Granulierung, die diese Zellen zeigen, ist feiner als die der Hauptzellen. Nach der Ansicht einiger Forscher handelt es sich um für die Pylorusdrüsen spezifische Zellen (Oppel), andere dagegen identifizieren sie wegen ihrer großen Ähnlichkeit mit den Hauptzellen der Fundusdrüsen direkt mit jenen (R. Heidenhain, Langley), wieder andere endlich (Henle, Oppel, Schiefferdecker, Bentkowski) fassen die Pylorusdrüsen als ein Analogon der Brunnerschen Drüsen des Duodenums auf. Für die zweite Anschauung spricht die Tatsache, daß in den Pylorusdrüsen auch Belegzellen, wenn auch selten, angetroffen werden (J. Schaffer, Oppel). Den Pylorusdrüsen wird, wie den Hauptzellen der Fundusdrüsen, die Absonderung des Pepsins und des Labenzyms zugeschrieben.

Als dritte Form der Magendrüsen hätten wir schließlich die Kardiadrüsen zu besprechen (Taf. XXXII, Fig. 192). Diese Drüsen, denen wir schon im Ösophagus an zwei Stellen begegneten, sind im Magen auf eine ganz schmale, bis 6 mm breite Zone am Mageneingang beschränkt. Es sind verästelte tubulöse Drüsen, von einem hellen, zylindrischen Epithel ausgekleidet, in selteneren Fällen aber auch mit Belegzellen ausgestattet. Oppel und Bensley betrachten die Kardiadrüsen als in Rückbildung begriffene Gebilde, aus den Fundusdrüsen durch Schwinden der charakteristischen Belegzellen hervorgegangen.

Was die Verbreitung der Magendrüsen anlangt, muß dem schon Gesagten noch hinzugefügt werden, daß an der Grenze des Pylorusteils und des Korpus eine Übergangszone (intermediäre Zone) gelegen ist, welche Fundus- und Pylorusdrüsen nebeneinander enthält.

In dem unmittelbar an das Duodenum angrenzenden Pylorusabschnitt können neben den typischen Pylorusdrüsen auch Lieberkühnsche und Brunnersche Drüsen vorkommen.

Bemerkenswert ist es, daß manchmal in der Kardia, ähnlich wie im Pylorus, typisches Darmepithel, d. i. Zellen mit gestreifter Kutikula, mit Becherzellen untermengt, nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in den Drüsen vorgefunden wird. Diese, den Lieberkühnschen Drüsen ganz gleichkommenden Tubuli, reichen nicht so tief in die Lamina propria, wie die benachbarten Kardiadrüsen, welch letztere sogar oft in die Lieberkühnschen Drüsen münden.

Die Submukosa des Magens ist aus lockerem, nicht selten von Fettzellen durchsetztem Bindegewebe aufgebaut und führt keine Drüsen.

Die Muskularis des Magens wird im Pylorus, wo sie am mächtigsten entwickelt ist, bis über 2 mm, im Fundus, wo sie am dünnsten

ist, nur etwa 0,5 mm dick. Sie besteht eigentlich aus drei Schichten glatter Muskelzellen, welche jedoch nicht überall kontinuierliche Lagen bilden. Die äußerste Schicht enthält längsverlaufende Zellen und ist an verschiedenen Stellen ungleich stark ausgebildet; am stärksten an den beiden Kurvaturen, kann sie auf der Vorder- und Hinterfläche des Korpus ganz fehlen, so daß hier die zweite, sonst mittlere Schicht der Ringmuskeln zu äußerst zu liegen kommt. Diese mittlere Schicht, mächtiger als die äußere, besteht aus zirkulär verlaufenden Zellen. Im Pylorus ist sie am besten entwickelt und bildet hier den Sphincter pylori. Die Zellen der innersten Schicht verlaufen schräg, bilden eine Schlinge um die Kardia herum und gehen von da über beide Magenflächen, wobei die Bündel radiär auseinanderlaufen und teilweise den Pylorus erreichen. Andere Bündel ziehen schräg von der Kardia zum Fundus.

Es folgt noch nach außen schließlich die Tunica serosa, deren Bau bei der Besprechung des Peritoneums geschildert werden soll.

Das Verhalten der Gefäße und der Nerven des Magens wird mit jenen des Darmes im Zusammenhang besprochen werden.

5. Der Darm.

Die Darmschleimhaut ist nicht glatt, sondern weist im Dünndarm zwei Arten von Erhebungen auf, die den Zweck haben, die resorbierende Schleimhautoberfläche zu vergrößern. Es sind dies erstens die zirkulär verlaufenden Falten der Schleimhaut (Plicae circulares Kerkringi), zweitens die Zotten (Villi intestinales).

Die Kerkringschen Falten nehmen einen zirkulären Verlauf, umkreisen aber nicht das gesamte Lumen, sondern erheben sich seicht, nehmen an Höhe allmählich zu und verstreichen ebenso. Der Anfang des Duodenums ist faltenfrei. Die Falten beginnen erst in einer Entfernung von 3—5 cm vom Pylorus, erreichen ihre größte Entwicklung rasch, und zwar schon im oberen Abschnitte des Jejunums und werden dann immer seichter, bis sie in den unteren Abschnitten des Ileums ganz verschwinden. Im ganzen zählt man etwa 800 bis 900 Kerkringsche Falten.

Die Zotten sind kleine fingerförmige Gebilde, welche sich auf der gesamten Oberfläche der Dünndarmschleimhaut finden und sich bis zu einer Höhe von 0,2—1 mm erheben (Taf. XXXV, Fig. 199 und Taf. XXXVI, Fig. 200). Sie stehen so dicht beieinander, daß sie der Schleimhaut ein samtartiges Aussehen verleihen, in den verschiedenen Abschnitten des Dünndarms aber ungleich dicht, und zeigen verschiedene Form und Größe. Im Duodenum und Jejunum sind sie am zahlreichsten vertreten (22 bis 40 auf 1 qmm), im Ileum sind sie weniger häufig (18 bis 31 auf 1 qmm). Im Duodenum sind sie weniger hoch (bis

0,5 mm) und blattförmig, im Jejunum erreichen sie die größte Länge (bis 1 mm) und sind ungefähr zylindrisch, oft keulenförmig verdickt. Im Ileum sind sie fadenförmig und gegen das Ende des Ileums zu werden sie immer niedriger und zugleich immer seltener.

Neben diesen ausschließlich im Dünndarm auftretenden Erhebungen finden wir sowohl in der Dünndarm- als auch in der Dickdarmschleimhaut Vertiefungen in Form von Drüsen, die sich zwischen den Zottenbasen in die Lamina propria tief hineinsenken.

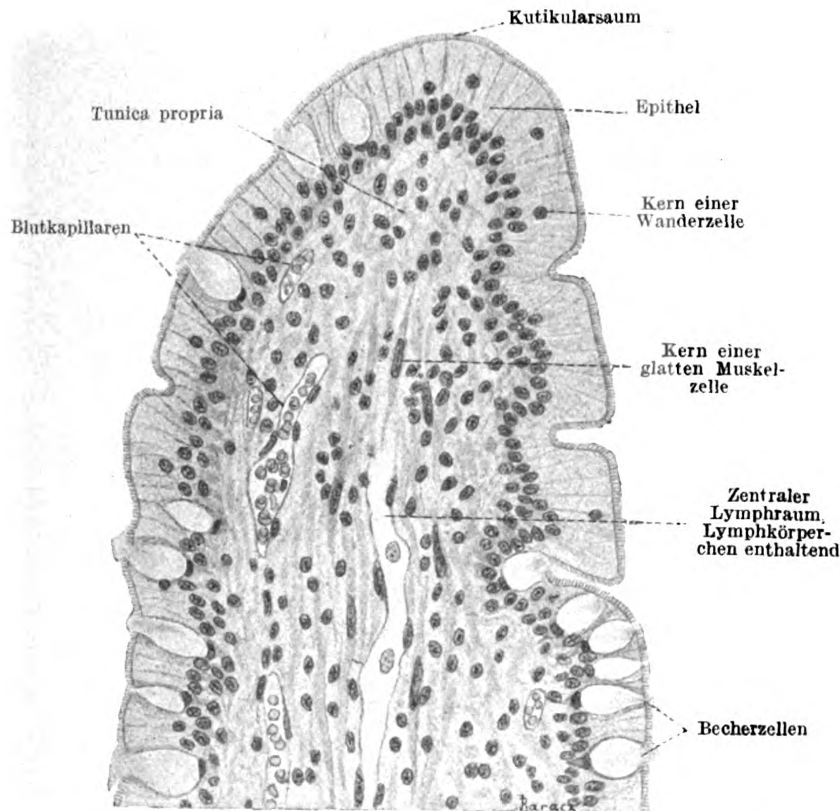


Fig. 202. Längsschnitt durch eine Zottenspitze aus dem Dünndarm der Katze. Ca. 450mal vergrößert.

Das Sekret dieser Drüsen und der Epithelzellen des Darmes, der **Darmsaft**, ist im Dünndarm eine fast farblose dünne Flüssigkeit von alkalischer Reaktion mit nur etwa 1% festen Bestandteilen. Er enthält von wirksamen Bestandteilen vor allem das **Erepsin** und die **Enterokinase**. Das Erepsin wird aller Wahrscheinlichkeit nach in den Lieberkühnschen Drüsen abgesondert. Es vermag Kasein und Fibrin zu verdauen und Albumosen und Peptone zu spalten. Die Enterokinase soll in den Zottenepithelien entstehen, sie besitzt die wichtige Fähigkeit, das Trypsin zu aktivieren (Pawlow). Die Brunnerschen Drüsen sondern ein dem Pepsin ähnliches Enzym ab. Der Darmsaft vermag in geringem Grade Rohrzucker zu invertieren, Maltose und Milchzucker (Röhmann) zu spalten. Die dies bewirkenden Enzyme, die **Invertase**, **Maltase** und **Laktase** werden wahrscheinlich auch in den Lieber-

kühnschen Drüsen abgesondert, vielleicht spielen aber auch die Leukozyten bei ihrer Bildung eine bedeutsame Rolle.

Die Schleimhaut des ganzen Darmes besteht aus dem Epithel, der Lamina propria und der Muscularis mucosae (Taf. XXXV, Fig. 199).

Das Epithel überzieht alle Falten und Zotten und geht in der Tiefe zwischen den letzteren kontinuierlich in das Drüsenepithel über.

Es ist ein einschichtiges Zylinderepithel, welches zahlreiche Becherzellen enthält (Taf. XXXVI, Fig. 200 und Taf. XXXVII, Fig. 201).

Die Zylinderzellen haben im menschlichen Darm eine Höhe von 22—26 μ und eine Breite von 6—9 μ. Sie sitzen mit ihrer verjüngten oder auch erweiterten Basis einer homogenen, strukturlosen Basalmembran auf. Der Zellkörper zeigt einen komplizierten Bau. Er besitzt zunächst auf der freien Oberfläche einen Kutikularsaum (Henle) mit einer mehr oder weniger deutlichen queren Streifung (Taf. XXXVIII, Fig. 203). Es gibt verschiedene Ansichten in betreff des Baues, der Bedeutung und des Ursprungs dieses Saumes. Die quere Streifung des Saumes entsteht durch die Anwesenheit dicht nebeneinander gelagerter und vielleicht in eine homogene Zwischensubstanz eingelagerter kurzer Stäbchen. Einerseits faßt man diese Stäbchen als fadenartige Fortsätze des Zellenleibes auf, denen die Fähigkeit der Kontraktilität zukommt, die also von der Zelle ausgestreckt und eingezogen werden können (R. Heidenhain); nach der Ansicht anderer müssen sie als Zilien betrachtet werden, welche das Bewegungsvermögen eingebüßt haben (Prenant). Im Einklang mit der letzteren Deutung steht die Existenz von dicht unter dem Kutikularsaume gelegenen Körnchen, die sich ähnlich färben wie die Basalkörperchen der echten Flimmerzellen (M. Heidenhain).

An der ruhenden Darmepithelzelle, d. h. also während des Hungerzustandes, können wir vier von apikal nach basal aufeinander folgende Zonen unterscheiden. Unter dem Stäbchensaum liegt zunächst eine schmale, homogene Zone, welche die beiden dicht nebeneinander gelegenen Zentralkörperchen umschließt. Auf sie folgt eine etwas breitere körnige Zone, die hinüberleitet zu der die Hauptmasse der Zelle bildenden und sich bis zum Kern hin erstreckenden fädigen Zone. Sie erhält ihr charakteristisches Gepräge durch in den Zellleib mehr oder weniger dicht eingelagerte glatte Fibrillen. In welligem, häufig auch spiraligem Verlauf tauchen sie aus der Gegend des Kernes auf, durchsetzen den Zellkörper der Länge nach und verschwinden in der oben erwähnten körnigen Zone. Nach M. Heidenhain handelt es sich hier um Widerstandsfibrillen, sog. Tonofibrillen, die bei wachsendem Seitendruck einer Schädigung der Zelle vorbeugen sollen. Neuere Untersuchungen (Champy) lassen aber keinen Zweifel darüber, daß wir in diesen Fibrillen nichts anderes als fädige Mitochondrien, Chondriokonten zu sehen haben. Dafür spricht die Ver-

änderung dieser Gebilde bei der resorptiven Tätigkeit der Zelle, die später näher geschildert werden soll. Die vierte und letzte Zellzone liegt basal vom Kern und enthält ebenfalls zahlreiche, aber stärker gebogene Chondriokonten. Diese basale Chondriokontengruppe steht durch wenige, neben dem Kern verlaufende Fäden mit der weiter apikal gelegenen Zone in Verbindung.

Der Kern der Zylinderzellen ist länglich, ovoid und liegt in der Zellmitte oder etwas näher der Basis. Die einzelnen Zylinderzellen lassen zwischen sich feine spaltenförmige Interzellularräume, die gegen das Darmlumen hin durch Schlußleisten verschlossen zu sein scheinen (M. Heidenhain). Diese Interzellularräume werden von queren Interzellularbrücken durchsetzt, welche benachbarte Zellen miteinander verbinden (R. Heidenhain).

Zwischen den Zylinderzellen finden sich im Epithel der Darmschleimhaut zahlreiche Becherzellen (Henle, F. E. Schulze), von denen Schleim produziert wird. Sie treten sowohl auf den Zotten auf als auch in der Tiefe der Lieberkühnschen Drüsen (Taf. XXXVI, Fig. 200, Taf. XXXVII, Fig. 201 u. XXXVIII, Fig. 203). Im Dickdarm sind sie zahlreicher als im Dünndarm. Im ungefärbten Präparat heben sie sich hell von den dunkleren Zylinderzellen ab. Färbt man mit spezifischen Schleimfarbstoffen, so treten sie sehr stark und bei passender Wahl des Farbstoffs metachromatisch gefärbt hervor. Da die Becherzellen eines Stäbchensaumes entbehren, ist an den Stellen der Epitheloberfläche, wo Becherzellen liegen, kein solcher Saum vorhanden. In jeder Becherzelle lassen sich wieder zwei Partien unterscheiden: eine apikale verschleimte Partie, die im plasmatischen Wabengerüst zwischen den Schleimgranulis zwei dicht nebeneinander liegende Zentriolen, sowie den Golgischen Netzapparat (Taf. II, Fig. 13) enthält, und einen peripheren protoplasmatischen Teil mit dem Zellkerne, welcher oft dichtere Struktur aufweist und deshalb sich dunkler färbt als die Kerne der benachbarten Zylinderzellen. Die Gestalt der Zellen ist von dem Grade der Anfüllung mit Schleim abhängig, je mehr Schleim die Zelle enthält, um so stärker ausgebaucht erscheint ihr apikaler Teil. Vielfach trifft man Becherzellen, aus deren oberem offenen Ende der Schleim nach außen tritt.

Die Frage, ob die Becherzellen eine besondere Zellenform darstellen oder ob sie umgewandelte Zellen des Zylinderepithels sind, ist bis heute noch nicht endgültig gelöst. Einige Forscher behaupten nämlich, daß jeder jungen Zylinderepithelzelle die Fähigkeit zukomme, sich in eine Becherzelle umzuwandeln, daß somit Zylinder- und Becherzelle nur zwei verschiedene Phasen eines und desselben Elements seien (Patzelt, List, Biedermann, Paneth). Andere Forscher sind dagegen der Ansicht, daß Becherzelle und Zylinderepithelzelle zwei getrennte, spezifisch verschiedene Formen sind (Bizzozero,

R. Monti), und daß die Becherzellen im Ruhezustand den eigentlichen Zylinderzellen nur ähnlich sind. Die Schleimbildung kann wahrscheinlich in derselben Zelle wiederholt vor sich gehen.

Zwischen den Epithelzellen sind häufig Leukozyten anzutreffen, welche aus der darunter liegenden Lamina propria stammen und in die Darmhöhle wandern. Sie besitzen einen runden Kern und einen schmalen Protoplasmasaum (Taf. XXXVIII, Fig. 203).

Die Aufgabe des Darmepithels ist eine doppelte: es resorbiert und sezerniert. Die resorbierende Tätigkeit der Darmzelle läßt sich auf eine spezielle Art der Drüsensekretion zurückführen; die Resorption ist in mancher Beziehung gleichsam eine Umkehrung der Sekretion: während beim gewöhnlichen Sekretionsprozesse die Zelle dem Blut oder der Lymphe gewisse Substanzen entnimmt, um sie nach erfolgter Umsetzung nach außen abzusondern, schöpft die Darmzelle bei der Resorption aus dem Inhalt des Darmkanals die durch die Verdauungssäfte veränderten Nahrungskörper und gibt sie entweder unverändert oder verändert an die Lymphe und das Blut ab. Die Darmzelle ist sozusagen eine Art Drüsenzelle mit innerer Sekretion (Mingazzini, Drago, Renaut, MacCallum). Präziser ausgedrückt, verrichtet die Darmzelle eigentlich gleichzeitig zweierlei physiologische Funktionen: mit ihrer äußeren Oberfläche nimmt sie auf und verarbeitet die absorbierten Stoffe, durch ihre innere Fläche aber sezerniert sie die in ihrem Körper umgearbeiteten Produkte in das Blut oder die Lymphe. Die beiden Tätigkeiten werden wahrscheinlich von der apikalen und der basalen Partie der Zellen ausgeführt; diese weisen in der Tat gewisse Formationen auf, welche mit der Drüsenfunktion der Zellen in Zusammenhang stehen, wie z. B. die Mitochondrien, so daß die oben erwähnte physiologische Bipolarität der Darmzelle auch in ihrer morphologischen Bipolarität ihren Ausdruck findet (Champy, Prenant). Die Resorptionsfähigkeit der Epithelzellen ist für die verschiedenen zu resorbierenden Stoffe in den einzelnen Abschnitten des Darmrohres eine verschiedene. Wasser wird wohl im Dickdarm rascher resorbiert als im Dünndarm, von Eiweiß und Zucker kann dagegen das Umgekehrte behauptet werden, und Fett wird im Dickdarm wohl überhaupt nicht resorbiert (Czaplinski und Szymonowicz). Am besten sind wir über die Resorption des Fettes orientiert, da sich Fett am leichtesten mittels Osmiumsäure nachweisen läßt. In welcher Form es in die Epithelzellen gelangt, ist nicht sicher bekannt. Die Fette werden im Darm durch die Wirkung des Pankreassaftes gespalten und die dabei frei werdenden Fettsäuren entweder durch das Alkali des Darmsaftes und der Galle verseift oder durch die in der Galle enthaltenen Gallensäuren in Lösung gebracht (Pflüger, Altmann). In einer oder der anderen Form werden sie dann von den Darmepithelzellen aufgenommen und erscheinen zuerst in der zweiten körnigen Zone der Epithelzellen in Form kleinster Tröpfchen, die weiter basal wandern, dabei immer stärker anwachsen und zu großen Tropfen konfluieren. Die letzteren ergießen schließlich ihren Inhalt in die Interzellularräume, aus denen das Fett in den Zottenkörper eintritt und vom zentralen Chylusraum aufgenommen wird (R. Heidenhain, Czaplinski und Rosner, Krehl, Altmann). Dabei spielen die Chondriokonten der Darmepithelzelle eine wichtige Rolle. Sie werden zunächst perlschnurartig und zerfallen dann in zahlreiche mitochondriale Körner. Jedes derselben beläd sich mit Fett und wandelt sich unter allmählichem Schwund seines mitochondrialen Kernes in ein Fetttröpfchen um (Champy). Wahrscheinlich gehen zunächst die in die Zelle eingetretenen Fettsäuren eine Verbindung mit den Eiweißkörpern des Protoplasmas ein und sind deshalb in der homogenen Zellzone mit unseren Methoden nicht mehr nachweisbar. Diese Fetteiweißverbindung wird dann in der körnigen Zone von den Mitochondrien gespalten.

Die Lamina propria des Darmes besteht zum weitaus überwiegenden Teil aus retikulärem Gewebe, welches die Grundlage der Darmfalten und -zotten bildet. Die, wie immer sternförmigen, verzweigten Zellen dieses Gewebes stehen durch ihre Ausläufer miteinander in Verbindung und bilden so ein weitmaschiges Netz, in

dessen Maschen stets zahlreiche Wanderzellen und Phagozyten liegen. An der Basalmembran des Epithels ist das retikuläre Gewebe zu einer solideren, streifigen, kernhaltigen Lage verdichtet. Wir haben also an einer Darmzotte (Fig. 202) in der Richtung von außen nach innen zuerst das überziehende Zylinderepithel, darunter die Basalmembran und zuletzt den aus retikulärem Gewebe bestehenden Zottenkörper zu unterscheiden. Im letzteren finden wir neben den weiter unten zu besprechenden Blut- und Lymphgefäßen auch noch muskulöse Elemente, und zwar schmale Züge glatter Muskelzellen, welche sich von der Muscularis mucosae loslösen, in die Zottenkörper eintreten und in ihnen bis zur Basalmembran aufsteigen. Dabei verbinden sich benachbarte Bündel durch Seitenzweige und bilden im Zottenkörper ein muskulöses Netzwerk. Eine Kontraktion dieser Zellen muß natürlich ein Kürzerwerden der Zotte zur Folge haben.

In der Lamina propria liegen die Lieberkühnschen Drüsen, Glandulae intestinales, Darmkrypten (Taf. XXXVI, Fig. 200 und Taf. XXXVIII, Fig. 205). Es sind das einfache tubulöse, seltener gegabelte Drüsen, die im Dünndarm nur 0,3 bis 0,5 mm messen, im Dickdarm schon bedeutend länger sind und im Rektum sogar eine Länge von 5—7 mm erreichen (J. Schaffer). Dicht beieinander gelagert, nur durch geringe Menge von retikulärem Gewebe der Lamina propria getrennt, sind sie ausgekleidet mit zylindrischen Epithelzellen, welche nur unwesentlich von den Zellen des Zottenepithels differieren. Sie sind niedriger und haben einen schwächer entwickelten Kutikularsaum als die letzteren. Auf Grund dieses Mangels einer wesentlichen Strukturdifferenz zwischen dem diese Drüsen auskleidenden und dem die Darmoberfläche bedeckenden Epithel ist die Frage aufgetaucht, ob die Lieberkühnschen Drüsen wirkliche sezernierende Drüsen sind oder aber nur als Vertiefungen, d. h. Krypten der Schleimhaut, die eine Vergrößerung der Darmoberfläche bezwecken, zu betrachten sind. Bizzozeros Untersuchungen sprechen dafür, daß die Lieberkühnschen Drüsen Krypten sind. Dieser Forscher stellt nämlich, von der Tatsache ausgehend, daß in den sog. Lieberkühnschen Drüsen, zumal in ihrer Tiefe, fast immer zahlreiche Mitosen vorkommen, während dieselben an der Oberfläche der Darmschleimhaut beinahe ganz fehlen, die Hypothese auf, daß die Lieberkühnschen Drüsen nichts anderes seien als Regenerationsherde der Epithelzellen (sowohl der Zylinder- als auch der Becherzellen), welche an der Darmoberfläche bei der Sekretion zugrunde gehen. Er vermutet, daß die in den Lieberkühnschen Drüsen entstandenen jungen Zellen nach oben verschoben werden und betrachtet die unbedeutenden Unterschiede des Epithels in der Drüse und an der Oberfläche der Zotten als Folge der Altersdifferenzen von Zellen einer und derselben Art. Im Zusammenhange mit dieser Anschauung wäre die Tatsache zu erörtern, daß in den Drüsen des

Dickdarms viel mehr Becherzellen vorgefunden werden als im Dünndarm: wahrscheinlich werden an der Oberfläche der Zotten die Epithelzellen sehr schnell verbraucht, und deshalb muß die Regeneration der Zellen und das Vorschieben derselben nach oben schnell vor sich gehen, so daß es gleichsam den Zellen an Zeit mangelt, ihre ganze Schleimmetamorphose innerhalb der Krypten durchzumachen. Im Dickdarm, wo die Zotten fehlen, kann dagegen die Schleimbildung noch im Bereich der Krypten zustande kommen, da bei dem langsamen Verbrauch der Epithelzellen auf der Darmoberfläche auch das Vorschieben der Zellen langsamer vor sich geht.

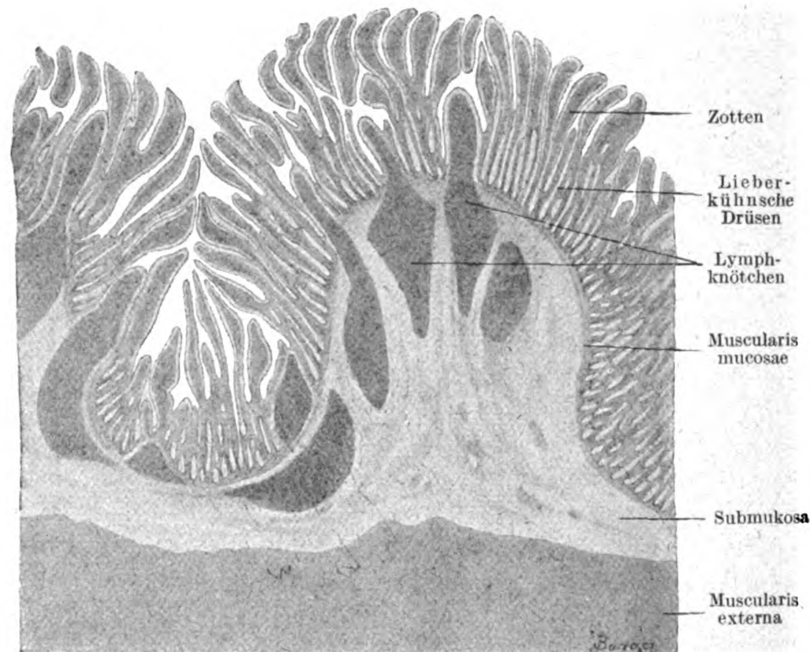


Fig. 204. Querschnitt gehäufter Knötchen des Dünndarms der Katze.
Nicht alle Knötchen sind in ihrer größten Länge getroffen. Ca. 25mal vergrößert.

Im Drüsengrund finden sich noch besondere, stark körnige Zellen, die man nach ihrem Entdecker als Panethsche Körnchenzellen bezeichnet. Ihre Bedeutung und Funktion ist allerdings noch nicht vollkommen aufgeklärt; man hat sie zwar als unentwickelte Becherzellen (Ranvier, Bizzozero) angesehen, doch müssen wir wohl eher in ihnen eine besondere Art von Drüsenzellen erblicken. Die Granula der Panethschen Körnchenzellen haben einen serösen Charakter (Policard, Deville) und zeigen Affinität zu sauren ebenso wie zu Kernfarbstoffen. Durch die Annahme, die Panethschen Zellen seien wahre Drüsenzellen, gewinnt auch die Ansicht, die Lieberkühnschen Drüsen seien wirkliche Drüsenbildungen, einen gewissen

Halt. Doch stößt man dabei auf eine Schwierigkeit, es wurden nämlich die Panethschen Zellen nicht bei allen Tierarten, und bei gewissen Tieren nicht in allen Darmabschnitten vorgefunden.

Außer den Panethschen wurden im Darmepithel auch noch andere gekörnte Zellen beschrieben, z. B. solche mit chromaffinen Granulationen (Kull), welche mit den ersteren Zellen nicht identifiziert werden können.

In der Lamina propria finden sich ferner in verschiedenen Teilen des Darmrohres Lymphfollikel von verschiedener Mächtigkeit. Einzelne Follikel, Solitärfollikel (Fig. 204), sind im ganzen Darmrohr in Form von kleinen, hirsekorngroßen Knötchen zerstreut. Sie entwickeln sich in der Lamina propria und nehmen deren ganze Dicke ein, vom Epithel, welches sie gewöhnlich nach innen vorbuchten, bis zur Muscularis mucosae. Mit fortschreitender Entwicklung durchbrechen sie die Muscularis mucosae und ragen sodann mit dem größeren Teil ihrer Substanz in die Submukosa hinein. Die Lieberkühnschen Drüsen werden an solchen Stellen ebenso wie die Zotten seitwärts verschoben. Da die Submukosa einen geringeren Widerstand leistet als die Mukosa, nehmen die anwachsenden Follikel gewöhnlich Birnenform an, wobei sie mit der breiteren Grundlage bis zur äußeren Grenze der Submukosa reichen. Die Kuppe des Follikels buchtet die Oberfläche der Schleimhaut ins Darmlumen vor und ist von einem einfachen Darmepithel überzogen. Außerdem erscheint noch an bestimmten Stellen das lymphoide Gewebe in größerer Ausdehnung in Form der Peyerschen Plaques, Peyerschen Haufen, Noduli lymphatici aggregati. Sie treten erst im unteren Abschnitt des Jejunums auf und finden sich meist in der Zahl von 20 durch das ganze Ileum herab. Selten trifft man sie im Dickdarm. Sie stellen ovale Platten dar, deren Dimensionen außerordentlich großen Schwankungen unterliegen, von 8 × 6 mm bis 300 × 20 mm. Ihrem Bau nach sind sie weiter nichts als Haufen dichtstehender Einzelfollikel, von 5 bis 100, gewöhnlich jedoch nur 20 bis 30 an der Zahl. Die größte Ausdehnung erreicht aber das lymphoide Gewebe im Processus vermiformis (Taf. XXXIX, Fig. 206), dessen Lamina propria vollständig mit Lymphozyten infiltriert erscheint und außerdem noch zahlreiche Solitärfollikel enthält, so daß die eigentlichen drüsigen Elemente völlig in den Hintergrund treten. In der Mitte eines jeden Follikels ist immer ein Keimzentrum nachzuweisen. Die neugebildeten Leukozyten gelangen von hier entweder in die Lymphgefäße, welche die Follikel umflechten, oder sie wandern zwischen den Zellen des überziehenden Epithels hindurch in die Darmhöhle ein. Sie sollen dem Darmsaft für die Verdauung wichtige Enzyme zuführen.

Die Submukosa des Darms ist ein lockeres fibrilläres Bindegewebe, erscheint im oberen Teil des Duodenums am dicksten und

enthält hier die Brunnerschen Drüsen. Auch im Processus vermiformis ist die Submukosa recht stark entwickelt.

Die Brunnerschen Drüsen (Taf. XXXV, Fig. 199 u. Taf. XXXVII, Fig. 201) sind alveo-tubulöse Drüsen, deren Körper in der Submukosa steckt, deren Ausführungsgang die Muscularis mucosae durchsetzt und zwischen den Lieberkühnschen Drüsen die Darmoberfläche erreicht oder in die Lieberkühnschen Drüsen selbst mündet. Außerdem findet man, wenn auch seltener, Brunnersche Drüsen in der Propria des Duodenums neben den Lieberkühnschen Drüsen. Die Brunnerschen Drüsen sind im oberen Abschnitt des Duodenums, wo sie die ganze Dicke der Submukosa einnehmen, am stärksten entwickelt, nach unten zu werden sie allmählich spärlicher und verschwinden schon am Ende des Duodenums ganz.

Manche Forscher haben auf die große Ähnlichkeit der Brunnerschen Drüsen mit den Pylorusdrüsen hingewiesen, ja von gewissen Seiten wurden sogar beide miteinander identifiziert. In bezug auf das Sekret der Brunnerschen Drüsen sind die Ansichten geteilt: während viele in den Brunnerschen Drüsen schleimabsondernde Organe erblicken, schreiben andere den in Rede stehenden Drüsen eine seröse Natur zu. Zwischen den Zellen lassen sich Sekretkanälchen nachweisen, wie in den serösen Drüsen. Oppel beschrieb in den Brunnerschen Drüsen eine zweite Art von spezifischen Drüsenzellen, welche im Bau mit den Panethschen Zellen übereinstimmen, indem sie große, regelmäßig angeordnete eosinophile Körnchen enthalten. Übrigens ist eine große Ähnlichkeit im Baue des die Panethschen Zellen enthaltenden Drüsengrundes der Lieberkühnschen und der Brunnerschen Drüsen unverkennbar und unwillkürlich drängt sich die Vermutung auf, daß letztere durch starke Wucherung der Endabschnitte der ersteren entstanden sind.

Außen folgt auf die Submukosa die Muskularis (Muscularis externa), welche sich aus zwei Lagen glatter Muskelzellen, einer inneren, stärkeren, zirkulären und einer äußeren, schwächeren, longitudinalen (Taf. XXXV, Fig. 199) zusammensetzt. Am mächtigsten ist die Muskularis im Mastdarm entwickelt (über 2 mm), im Duodenum ist sie stärker als im Jejuno-ileum. Die longitudinale Muskulatur ist an manchen Stellen nur mangelhaft ausgebildet, so z. B. an der Ansatzstelle des Mesenteriums. Am unvollständigsten ist sie im Dickdarm, wo sie drei bandartige dickere Streifen, die Tänien, bildet, welche die Einschnürungen der Haustren überbrücken. Zwischen den Tänien besteht die Muskularis des Dickdarms nur aus zirkulär verlaufenden Muskelzellen, zu denen sich eine sehr unvollständige Lage von longitudinal angeordneten Zellen gesellt. Die Ringmuskulatur ist im Dickdarm in den zwischen den Haustren liegenden Streifen stärker ausgebildet als in den Haustren selbst. Am Anfang des Afters schließt

die glatte Muskulatur mit einem dicken Ringwulst, dem Sphincter ani internus; jenseits desselben finden wir den Sphincter ani externus und den Levator ani, die wieder von quergestreiften Fasern gebildet werden.

Blutgefäße, Lymphgefäße und Nerven des Magens und des Darms.

Die Blutgefäße des Darms treten zwischen den beiden Blättern des Mesenteriums in die Serosa der Darmwand, durchdringen unter Abgabe von zahlreichen Seitenzweigen die Muskularis und verbreiten sich in der Submukosa zu einem weitmaschigen, flächenhaft ausgebreiteten Netzwerk. (Taf. XL, Fig. 208), von dem aufsteigende Zweige die Muscularis mucosae durchsetzen und ein zweites Netz am Grunde der Lieberkühnschen Drüsen innerhalb der Propria bilden. Von ihm gehen die feinsten Stämmchen aus, umspinnen die Drüsen mit dichten Kapillarnetzen, gelangen bis unter die Basalmembran des Oberflächenepithels und umgeben die Drüsenmündungen kranzartig. Für die Zotten zweigt sich ein Teil der arteriellen Endästchen von dem Proprianetz ab und verläuft, ohne unterwegs in Kapillaren zu zerfallen, zwischen den Drüsen aufwärts. An der Basis der Zotte angelangt, treten gewöhnlich mehrere (1, 2 oder 3) kleine Arterien in die letztere ein und zerfallen entweder gleich unten oder erst höher in der Zotte in ein engmaschiges Kapillarnetz, das den gesamten Zottenkörper umspinnt und dicht unter der Basalmembran gelagert ist. Aus diesem Kapillarnetz sammelt sich das Blut meist nur in einer Vene, die das Blut einer jeden Zotte zum Venenplexus der Propria führt. Von hier aus verlaufen die Venen gewöhnlich zusammen mit den Arterienstämmchen, bilden abermals ein flächenhaft ausgebreitetes Netz in der Submukosa und verlassen die Darmwand. Von dem Propriagefäßnetz stammen auch die Blutgefäße der einfachen Follikel und der Peyerschen Plaques. Sie bilden zuerst um die Follikel dichte Netze und dringen dann mit feinen Zweigen in die Follikelsubstanz selbst ein, nur die Mitte bleibt gewöhnlich gefäßlos.

Die Lymphgefäße des Darmes, hier als Chylusgefäße bezeichnet, haben ihren Ursprung in den Zotten des Dünndarms, im Dickdarm wahrscheinlich zwischen den Lieberkühnschen Drüsen. In jeder Zotte finden wir inmitten des Zottenkörpers einen, in großen Zotten auch zwei bis drei längsverlaufende Kanäle; ihre Wand besteht aus einem einschichtigen Plattenepithel, das durch Aneinanderlagerung der Retikulumzellen des Zottenkörpers entstanden ist. Wir bezeichnen diesen Kanal als den zentralen Chylusraum der Zotte. Er ist nach der Zottenspitze zu meist etwas kolbig verdickt, in der Zottenbasis verjüngt er sich, spaltet sich und geht in ein Chylusgefäßnetz, das Unterzottengeflecht über. Aus ihm dringen gerade

zwischen den Lieberkühnschen Drüsen verlaufende Stämmchen zur Submukosa und bilden hier den submukösen Plexus, von dem aus die abführenden Gefäße die Muskularis durchsetzen und zwischen den beiden Serosablättern ins Mesenterium gelangen. Die Lymphgefäße der Muskularis sammeln sich in einem zwischen Längs- und Ringmuskelschicht gelegenen Plexus, aus dem die abführenden Gefäße in die aus der Submukosa herabsteigenden Chylusgefäße münden. Die Chylusgefäße des Darms besitzen Klappen, die zuerst in den Ästen des submukösen Plexus auftreten. Um die Follikel herum bilden die Chylusgefäße dichte Netze, die Teichmannschen Netze, in die Follikel selbst dringen sie jedoch nicht ein.

Die Nerven des Darms, die aus den Plexus mesenterici, coeliacus, hypogastricus, haemorrhoidales und aorticus stammen, treten in Begleitung der Gefäße zur Darmwand und bilden innerhalb der letzteren zwei ausgedehnte, reich mit Ganglien besetzte Plexus, von denen der äußere, Plexus myentericus (Auerbach), zwischen Längs- und Ringmuskeln (Taf. XXXV, Fig. 199), der innere, Plexus submucosus (Meißner), innerhalb der Submukosa gelegen ist; beide stehen durch zahlreiche Fasern miteinander in Verbindung. In den Knotenpunkten dieser Plexus sowohl als auch innerhalb ihrer Maschen liegen Nervenzellen, typische sympathische Zellen mit mehreren Dendriten und einem Neuriten teils isoliert, teils zu kleinen Ganglien vereinigt. Die ersteren bilden an der Peripherie eines jeden Ganglions ein dichtes Geflecht, die letzteren treten aus den Ganglien heraus, verbinden die einzelnen Ganglien und endigen an den glatten Muskelzellen. Es treten ferner an die Zellen des Plexus Fasern heran, welche von zerebrospinalen Nerven stammen und motorischer Natur sind; sie umgeben die sympathischen Zellen mit perizellulären Geflechten (Dogiel). Im Plexus submucosus sind die Maschen enger und die Zellen kleiner als im Plexus myentericus. Aus ersterem gehen Faserbündel zu den Drüsen, den Schleimhautgefäßen sowie zum Epithel.

6. Die Leber.

Die Leber, Hepar, stellt eine spezielle Abart einer zusammengesetzten tubulösen Drüse dar, sie ist nämlich eine tubulöse, netzartige Drüse. Den typisch tubulösen Bau behält sie nur bei manchen Fischen, bei anderen Vertebraten und beim Menschen zeigt sie ihn nur in frühen Stadien des Embryonallebens, verliert ihn aber schon früh dadurch, daß die Tubuli mittels sehr zahlreicher Anastomosen miteinander in Verbindung treten, wodurch es zur Entstehung dichter Netze kommt.

Die Leber der Säugetiere und des Menschen besteht wie die anderen großen Drüsen des Verdauungstraktes aus zahlreichen, dicht nebeneinander gelegenen Läppchen. Diese Leberläppchen (Lobuli hepe-

taci) zeigen aber beim Menschen und den meisten Säugetieren die Eigentümlichkeit, daß sie nicht überall scharf voneinander durch bindegewebige Septen getrennt werden, sondern vielfach ineinander übergehen. So kommt es, daß das interlobuläre Bindegewebe in der menschlichen Leber nur sehr wenig in die Erscheinung tritt. Nur bei manchen Säugetieren, z. B. beim Schwein, sind die Leberläppchen durch ein stark entwickeltes interlobuläres Bindegewebe scharf voneinander getrennt (Fig. 209). Die Leberläppchen stellen unregelmäßige, vielseitige Prismen dar und setzen sich im wesentlichen aus den Leberzellen und den Blutgefäßen zusammen.

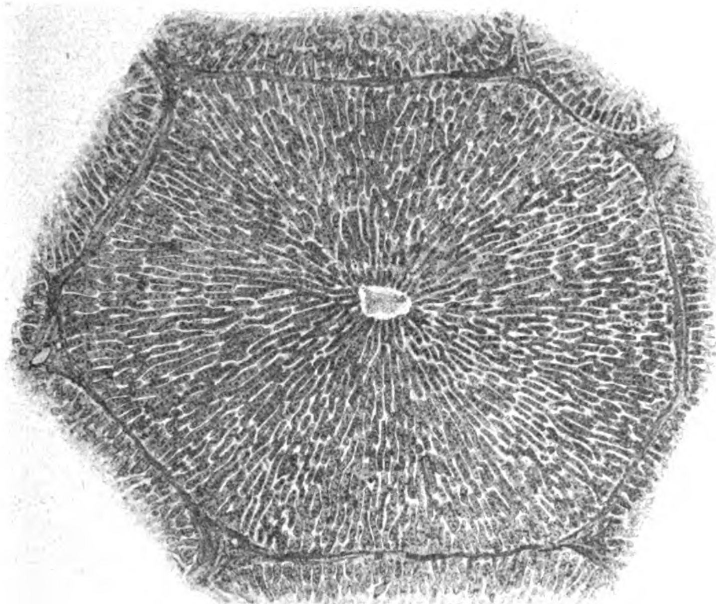


Fig. 209. Querschnitt eines Leberläppchens des Schweines.
In der Mitte eine V. centralis; das interlobuläre Bindegewebe umgrenzt das ganze Läppchen. 35mal vergrößert.

Beide sind radiär angeordnet, wovon uns am besten ein Querschnitt des Läppchens überzeugt (Fig. 209, 210). An diesem sehen wir, wie die Gefäßkapillaren die peripher liegenden Venen mit einer zentralen Vene verbinden, indem sie unterwegs oft anastomosieren und sich gegenseitig zu einem längsmaschigen Netze verbinden. Die Maschen, welche dieses Kapillarnetz frei läßt, sind ausgefüllt von den zu länglichen Bälkchen angeordneten Leberzellen. Diese Bälkchen anastomosieren ebenfalls untereinander, so daß sie ihrerseits ein zweites Netzwerk bilden, das im Kapillarnetz steckt. Jeder Leberzellbalken stellt eigentlich einen Tubulus dar, der aber nicht, wie bei den meisten anderen Drüsen, auf dem Querschnitt aus mehreren radiär um das Lumen gestellten Zellen besteht, sondern gewöhnlich

nur aus zwei Zellen, die an ihrer Berührungsfläche ein drehrundes Kanallumen umgeben: die Gallenkapillare. Die Gallenkapillaren verlaufen im Zickzack und bilden dadurch, daß sie mit Nachbarkapillaren anastomosieren, ebenfalls ein Netzwerk. An der Läppchen-

Fig. 210. Teil eines Schnittes durch die Leber des Menschen. Man sieht ein ganzes Leberläppchen samt Teilen von benachbarten Läppchen.

Ca. 55mal vergrößert.

peripherie sammeln sich die Gallenkapillaren und münden in die kleinen interlobulären Gallengänge, die schließlich dem Ductus hepaticus den Ursprung geben.

Die Funktion der Leber ist eine sehr komplizierte und in mancher Hinsicht noch sehr wenig aufgeklärt. Wir werden nur das Wichtigste und am besten Untersuchte anführen.

Die spezifische Funktion der Leber besteht in der Produktion der Galle. Die Galle ist eine alkalische Flüssigkeit von wechselnder Farbe, gelb bis grün und von wechselnder Konsistenz, bald dünnflüssig, bald mehr viskös. Sie enthält als wichtigste Bestandteile die Gallensäuren, gebunden an Alkali, und die Gallenfarbstoffe, daneben Harnstoff, Lezithin, Nukleoalbumin, Mineralstoffe. Die Gallensäuren und die Gallenfarbstoffe werden in den Leberzellen, erstere aus Eiweißkörpern, letztere aus dem Blutfarbstoffe gebildet. Die Hauptbedeutung der Galle liegt darin, daß sie im Darm die Spaltung der Fette und deren Resorption unterstützt. Hinzugefügt muß werden, daß die Galle nicht nur ein Sekret bildet, das die Verdauung zu unterstützen bestimmt ist, sondern daß sie daneben auch ein Exkret ist, in dem gewisse Produkte des intermediären Stoffwechsels, welche in der Leber entstanden sind, wie Cholesterin, Gallenfarbstoffe, Eisenverbindungen mit der Galle in den Darm ausgeschieden und mit dem Kote entfernt werden.

Außerdem spielt die Leber eine wichtige Rolle bei der Regulation der Blutzusammensetzung, indem sie aus dem Blut Zucker aufnimmt und in Gestalt von Glykogen zurückhält. Die Leber bildet nämlich aus dem ihr von dem Darmkanal durch die Pfortader zugeführten resorbierten Zucker Glykogen, ein der Stärke nahe verwandtes Kohlehydrat, das für den Stoffwechsel von höchster Bedeutung ist; sie speichert diesen Stoff auf und gibt ihn zu gelegener Zeit als Glukose an das Blut ab.

Die Glykogenbildung ist jedoch keine spezifische Eigenschaft der Leberzellen, sondern kommt in geringerem Grade mehr weniger allen Zellen zu.

Zu der die Blutzusammensetzung regulierenden Tätigkeit der Leber kann auch ihr Vermögen aus dem kohlensauren bzw. karbaminsauren Ammoniak Harnstoff zu bilden, gezählt werden, ebenso die Bildung von gepaarten Schwefelsäuren und gepaarten Glykuronsäuren und die Fähigkeit, schädliche Stoffe, die vom Darm aus resorbiert wurden, zurückzuhalten und allmählich in unschädlichen Mengen wieder abzugeben resp. in unschädliche Verbindungen umzuwandeln (antitoxische Funktion).

Als ein weiteres, der Leber zukommendes Vermögen muß noch ihre sog. hämatolytische Funktion angeführt werden, d. h. die Fähigkeit, die roten Blutkörperchen bzw. deren Blutfarbstoff in Gallenfarbstoff umzuarbeiten, was histologisch von Browicz eingehenden Untersuchungen unterzogen wurde. Dabei wandelt sich das Hämatin des Blutes in Bilirubin um, welches kein Eisen enthält, so daß das abgespaltene Eisen sich in der Leber in Form von Pigment ansammelt und zuletzt teils mit der Galle ausgeschieden wird, zum anderen Teil aber in den Kreislauf gelangt und bei der Bildung von Hämoglobin verwertet wird.

Wir wollen nun die einzelnen Bestandteile der Leber näher durchsprechen und mit dem Bindegewebe beginnen, welches das Gerüst des ganzen Organs und das Substrat für alle seine Bestandteile, d. h. für das Drüsenparenchym, die Ausführungsgänge, Gefäße und Nerven, bildet.

Das Bindegewebe bildet um das ganze Organ herum eine Kapsel, die Capsula fibrosa oder Glissonsche Kapsel. Sie dringt in der Leberpforte mit den Gefäßen und Gallengängen in das Organ, begleitet schließlich die feinsten interlobulären Äste und findet sich besonders an den Kanten der Leberläppchen, da wo mehrere Läppchen zusammenstoßen, um die hier gelegenen Gallengänge und Gefäße in geringer Menge herum. Niemals aber sondert das Bindegewebe beim Menschen (Fig. 210) die einzelnen Läppchen voneinander ab, wie bei manchen Tieren, z. B. beim Schwein, bei dem jedes Läppchen eine vollständige bindegewebige Umhüllung besitzt (Fig. 209). Man kann zwar auch an der menschlichen Leber schon makroskopisch eine Läppchenzeichnung wahrnehmen, dies beruht aber nur auf einem

verschiedenen Blutgehalt der intralobulären Gefäße. Meist ist nämlich die V. centralis noch blutgefüllt, während die peripheren Teile des Läppchens blutleer sind, so daß wir an jedem Läppchen ein dunkles Zentrum und eine helle Peripherie erhalten. Außer jenem interlobulären Bindegewebe gibt es aber auch noch ein intralobuläres Bindegewebe, welches in Form eines zarten und dichten Netzes von

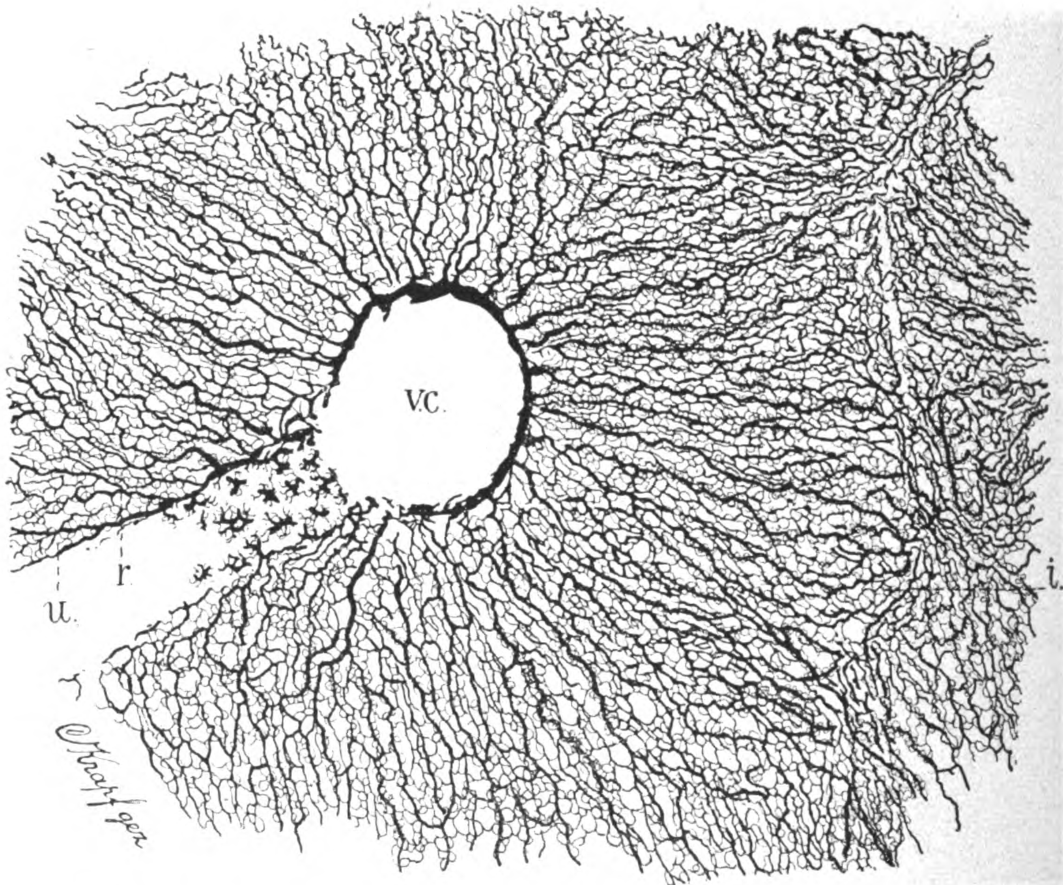


Fig. 211. Leber vom Menschen. Gitterfasern nach der Silbermethode von Oppel am Alkoholpräparat dargestellt.

V.C. = V. *centralis*; i = Rand des Läppchens; r = die stärkeren Radiärfasern; u = die feineren umspinnenden Fasern. Ca. 140mal vergrößert.

Fibrillen (Gitterfasern von Oppel) auftritt (Fig. 211) und durch Versilberung, Vergoldung und Verdauung leicht darzustellen ist (Oppel, Miura, Mall). Zunächst ziehen ziemlich grobe Fasern in radiärem Verlauf zwischen den Leberzellbalken von der Peripherie zum Zentrum des Läppchens und verbinden sich hier zu einer die V. centralis umgebenden Faserscheide (Radiärfasern von Oppel), dann zweigen sich von ihnen zahllose feinste Fäserchen ab und umgeben die Blut-

kapillaren (die umspinnenden Fasern von Oppel) des Läppchens mit dichten Netzen.

Die Leberzelle ist meist von kugeliger oder mehr polyedrischer Form und hat beim Menschen einen mittleren Durchmesser von 18—26 μ. Ihr Bau kann sehr mannigfaltige Bilder darbieten und deshalb wurde ihr von den einen ein fibrillärer, netzartiger, wabiger, von anderen ein granulärer Bau zugeschrieben. Die Leberzellen weisen in ihrem Bau ziemlich beträchtliche Unterschiede, nicht nur innerhalb eines Läppchens, sondern auch innerhalb eines und desselben Zellbalkens auf. Dies hängt von dem Sekretionsstadium ab. Anfangs sind die Leberzellen klein, weisen große Kerne sowie ein feinkörniges Protoplasma ohne größere Granula auf, später aber werden die Zellen größer, ihr Protoplasma wird vakuolisiert und das zwischen den Vakuolen gelegene Netzwerk besitzt azido- sowie auch basophile Körnchen. Die Kerne werden gleichzeitig kleiner. Schließlich wird das Sekret in die bis dahin leeren Gallenkapillaren, die sich mit ihm anfüllen und auf die Weise eine Erweiterung erfahren, entleert (Forsgren). Der Bau der Leberzellen zeigt im Hungerzustand andere Verhältnisse als nach reichlicher Fütterung. Im Hunger erscheinen die Leberzellen, frisch untersucht, fein granuliert, während der Verdauung dagegen grobschollig. Die Schollen lösen sich bei Zusatz von Kochsalzlösung und es tritt nun in dem Zellkörper ein feinfädiges Protoplasmanetzwerk auf, welches sich an der Zellperipherie zu einer membranartigen Außenschicht (Ektoplasma) verdichtet (Kölliker, R. Krause) (Fig. 212). Die gelösten Schollen bestehen aus Glykogen. Außer dem letzteren findet man im Körper der Leberzelle konstant noch Fetttröpfchen in wechselnder Menge. Wie in anderen Drüsenzellen sind auch in der Leberzelle Mitochondrien beschrieben worden. Policard ist der Ansicht, daß sie in enger Beziehung zu den Stoffwechselvorgängen innerhalb der Zelle stehen. Man schreibt ihnen eine wichtige Rolle bei der Bildung der Produkte der Leberzelle, in erster Reihe der Fettkörner zu (Altmann, Noel). Es soll jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß es in den letzten Jahren Berg nicht gelungen ist, eine Abhängigkeit der Veränderung der Mitochondrien von dem Auftreten der Fettkörnchen in den Leberzellen nachzuweisen. Die Mitochondrien liegen teils in der Umgebung des Kerns, teils im peripheren Teile der Zelle. Bei gesteigerter Gallenproduktion häufen sie sich um die Gallenkapillaren an. Glykogen aber soll zwischen den Mitochondrien im klaren Hyaloplasma (Fiessinger und Lyon-Caen) entstehen. Launoy beschrieb überdies einen anderen körnigen Bestandteil der Leberzelle, die sog. Lipoidkörper, welche aus einer lipoiden Hülle und feinen Körnern bestehen. Diese Granula sind von den Mitochondrien verschieden, obgleich sie möglicherweise aus letzteren entstehen. Die Leberzelle ist beim Menschen außerordentlich häufig

zweikernig, der eine der Kerne färbt sich gewöhnlich viel intensiver und enthält größere Chromatinmassen als der andere. Ob diese Kernverdoppelung durch direkte oder indirekte Kernteilung zustande kommt, ist noch nicht entschieden, jedenfalls findet man Mitosen in der Leber durchaus nicht selten.

Die Gallenkapillaren (Fig. 212 und 213) stellen die Sekretionsräume der Leberbalken dar, drehrunde, etwa 1—2 μ im Durchmesser haltende Kanälchen, die von den Leberzellen allseitig umgeben werden. Sie entstehen so, daß rinnenförmige Vertiefungen an den Flächen zweier nebeneinander liegender Leberzellen sich zu dünnen Röhrchen verbinden. Ein ungefähres Bild kann man sich von ihnen machen, wenn man beide Fäuste mit stark eingeschlagenen Fingern gegen-

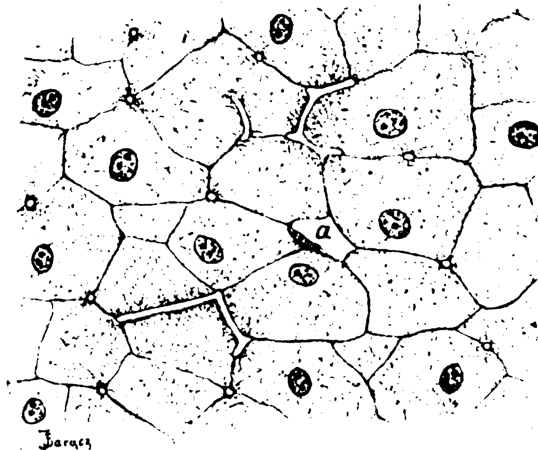


Fig. 212. Aus einem feinen Schnitte durch die Leber des Siredon.
a = Blutkapillare. Die feinen Gänge = längs- und querdurchschnittene Gallenkapillaren. Ca. 325mal vergrößert.

einander legt, dann stellt jede Faust eine Leberzelle dar und zwischen beiden entsteht ein Kanal, die Gallenkapillare. Es bilden also die Leberzellen selbst die Wandung dieses Kanals. Die Gallenkapillaren verbinden sich, ebenso wie die Leberzellbalken, miteinander zu einem Netzwerk, in dessen Maschen die Leberzellen liegen. Die Leberzellen sind von den Gallenkapillaren gleichsam umflochten, denn diese verlaufen an mehreren Flächen der Zelle. Am Rande eines jeden Läppchens vereinigen sich benachbarte Gallenkapillaren miteinander und gehen in die interlobulären Gallengänge über; es treten an die Stelle der Leberzellen kubische, indifferente Zellen in einfacher Schicht, die an ihrer freien Oberfläche einen Kutikularsaum tragen. Dieser geht direkt in die Wand der Gallenkanälchen, d. h. in das verdichtete Ektoplasma der Leberzellen über. Es sind nun auch vielfach Bildungen

beschrieben worden, die es wahrscheinlich machen, daß, ähnlich wie wir das z. B. bei den Belegzellen der Magenschleimhaut gesehen haben, von der Gallenkapillare aus feine Kanälchen in das Innere der Leberzellen selbst eindringen. Hierher gehören die sog. Kupfferschen Sekretvakuolen, kleine Hohlkugeln, die innerhalb des Leberzellenprotoplasmas liegen und mit der Gallenkapillare durch einen dünnen Stiel in Verbindung stehen. Man könnte annehmen, daß das Leberzellensekret, die Galle, in diesen kleinen Vakuolen sich sammelt und durch einen Stiel ins Kapillarlumen gepreßt wird. Neuere Untersuchungen und vor allem pathologische Befunde machen es wahrscheinlich, daß zwischen dem Kapillarlumen und dem Inneren der Leberzelle offene Verbindungswege bestehen

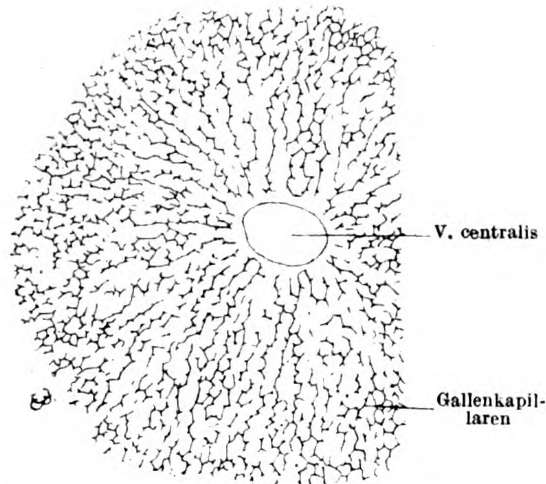


Fig. 213. Gallenkapillaren in einem Leberläppchen des Kaninchens (Chromsilbermethode).
Ca. 80mal vergrößert.

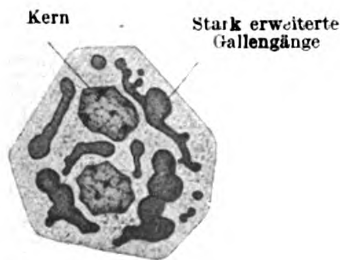


Fig. 214.

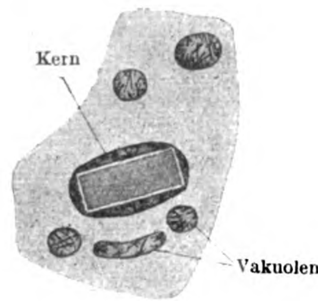


Fig. 215.

Fig. 214. **Zweikernige Leberzelle aus der eine Gallenstauung aufweisenden menschlichen Leber.**
Intrazelluläre, verschieden getroffene Gallengänge sind stark erweitert.

Fig. 215. Eine Leberzelle des Hundes.
Im Kern ist ein Hämoglobinkristall zu sehen; in den Vakuolen des Zellkörpers dagegen sieht man braune, nadelförmige Methämoglobinkristalle, als Folge des Hineingelangens von flüssigem Hämoglobin in die Leberzelle (nach intravenöser Hämoglobininjektion). Beide Figuren nach Präparaten von Browicz.
Ca. 700mal vergrößert.

(Geberg, R. Krause, Marchand, Browicz). Nach Browicz muß sogar der Anfang der Gallenkapillare in den Kern verlegt werden, denn es gelang ihm in dessen Innerem Gallentröpfchen nachzuweisen (Fig. 214 und 215).

Die interlobulären Gallengänge besitzen als Auskleidung eine einfache Lage kubischer, mit Kutikularsaum überzogener Zellen, die außen von einer strukturlosen Membrana propria umhüllt werden. Je weiter die Gänge durch Zusammenfließen feinerer Kanäle werden, um so höher werden die auskleidenden Zellen und um so deutlicher tritt nach außen von der Membrana propria eine bindegewebige Hüllschicht auf. Die interlobulären Gänge verlaufen zusammen mit den Ästen der V. portae und der A. hepatica zur Leberpforte und vereinigen sich hier zum Ductus hepaticus. Schon in den gröberen interlobulären Gallengängen tritt Muskulatur auf, und zwar in Form vereinzelter, zirkulär oder schräg verlaufender glatter Muskelzellen. Sie erreichen beim Menschen jedoch erst im Ductus choledochus eine größere Ausdehnung und bilden an seinem Duodenalende einen ringförmigen M. sphincter. Das Epithel des Ductus hepaticus ist ebenfalls Zylinderepithel in einfacher Schicht; zwischen den Zylinderzellen finden sich nicht selten Becherzellen. Innerhalb der Propria liegen zahlreiche alveo-tubulöse Drüsen, die in ihrem Bau den Kardiadrüsen des Magens ähneln und wohl zur Absonderung des Nukleoalbumins der Galle, des sog. Gallenschleims, dienen.

Die sog. Vasa aberrantia sind wahrscheinlich Gallengänge, deren zugehöriges Parenchym im Laufe der Entwicklung geschwunden ist (Toldt, Zuckerkandl).

Die Gallenblase dient als Gallenreservoir. Ihre Schleimhaut legt sich in vielfach miteinander anastomosierende Falten und besteht aus einer einfachen Schicht hochzylindrischer Zellen mit basal gelegenen Kernen und feinstreifigem Kutikularsaum. An diesem Epithel hat Policard eine Resorption des Fettes beobachtet, ganz in der Weise, wie sie an dem Dünndarmepithel vor sich geht. Auch hier spielen die in den Zellen sich findenden fädigen Mitochond ien bei der Resorption eine bedeutsame Rolle. Unter diesem Epithel liegt die Propria, die sich aus fibrillärem Bindegewebe mit reichlichen elastischen Fasern zusammensetzt. Nach außen von letzterem folgt eine dünne Lage überwiegend zirkulär verlaufender, glatter Muskelzellen und zuletzt eine Bindegewebslage, in der man eine Fibrosa, Subserosa und Serosa unterscheiden kann. Drüsen finden sich beim Menschen nur spärlich im Halse der Gallenblase; sie gleichen den Gallengangsdrüsen.

Der Ductus cysticus und der Ductus choledochus besitzen im wesentlichen die gleiche Struktur wie der Ductus hepaticus.

Die zuführenden Blutgefäße der Leber sind die A. hepatica und die V. portae, von welchen die erstere das ernährende Blut für das interlobuläre Gewebe, die letztere das funktionelle und für die Leberzelle auch das ernährende Blut zuführt. Abgeführt wird das gesamte Blut durch die Vv. hepaticae, die bekanntlich einen anderen Verlauf

nehmen als die eng aneinandergeschlossene Leberarterie und Pfortader (Taf. XLII, Fig. 217 u. 218). Die A. hepatica dringt an der Pforte in das Organ, ihre kleinsten Zweige versorgen im wesentlichen die interlobulär gelegenen Gebilde, ihre Kapillaren münden in die Vv. interlobulares der Pfortader, die sog. inneren Wurzeln der Pfortader. Die letztere, eines der stärksten Gefäße des Körpers, zerfällt, wie die Arterie, zunächst in einen rechten und linken Ast, die sich dann innerhalb des Organs vielfach teilen. Die zwischen den Läppchen verlaufenden Äste bezeichnet man als Vv. interlobulares. Jede solche V. interlobularis zerfällt nun in Kapillaren, welche in die benachbarten Läppchen eindringen und sich in deren Innerem zu der V. centralis sammeln. Jedes Läppchen wird von mehreren Vv. interlobulares versorgt und jede V. interlobularis versorgt auch wieder mindestens zwei benachbarte Läppchen. Die V. centralis ist etwa 1 mm lang, ungefähr nur halb so lang als das Läppchen. Die V. centralis mündet in eine V. sublobularis, die der Substanz des Leberläppchens dicht anliegt. Jede solche V. sublobularis nimmt zahlreiche Vv. centrales auf. Durch Vereinigung der Vv. sublobulares entstehen größere Venenstämmchen, die man makroskopisch gleich daran erkennt, daß sie in einiger Entfernung von den immer dicht benachbarten Arterien, Gallengängen und Pfortaderzweigen isoliert liegen.

Von Kupffer sind unter dem Namen Sternzellen eigenartige sternförmige Zellen beschrieben worden, die innerhalb der Wand der Blutkapillaren des Leberläppchens liegen und wohl eine Art phagozytärer Elemente darstellen, indem sie Trümmer von Blutkörperchen oder in das Blut eingeführte Fremdkörper (Zinnober, Tusche) begierig aufnehmen (Taf. XLI, Fig. 216). Die Sternzellen müssen als integrierende Bestandteile der Kapillarwand betrachtet werden, als ein spezifisches phagozytäres Epithel der intralobulären Kapillargefäße, d. i. ein Epithel, dessen Zellen die Fähigkeit der Aufnahme von Fremdkörpern aus dem Blute besitzen (Kupffer, Browicz, Schilling, Schumkowa-Trubina). Browicz schreibt ihnen die farbstoffbildende Rolle zu, wofür der Umstand zu sprechen scheint, daß kleinere Partikel der Erythrozyten in diesen Zellen weiteren Veränderungen unterliegen und daß sich innerhalb dieser Zellen Pigmentschollen finden.

Die Lymphgefäße der Leber wurzeln in Scheiden, welche innerhalb eines jeden Läppchens sämtliche Blutkapillaren umgeben. Es liegt also die Blutkapillare nicht direkt dem Leberzellbalken auf, sondern wird von ihm durch einen Spaltraum, die Lymphscheide, getrennt. Diesen Scheiden kommt eine selbständige Wand nicht zu. Infolgedessen kann der Stoffaustausch zwischen dem Blute der Kapillargefäße und den Leberzellen nur durch Vermittlung der Lymphe der um die Gefäße verlaufenden Lymphspalten stattfinden. An der Peri-

pherie der Läppchen gehen die Lymphspalten in mit Epithel ausgekleidete interlobuläre Lymphgefäße über, die den Venen folgen.

Die Nerven der Leber stammen zum größeren Teil aus dem Plexus coeliacus, zum kleineren aus dem N. vagus, sie dringen mit der A. hepatica und der V. portae in das Organ. Im Innern der Läppchen sollen sie die Leberzellbalken geflechtartig umspinnen und knopfförmig oder in Endbäumchen zwischen den Leberzellen enden (Berkley). Sehr reichlich sind die Gallengänge und die Gallenblase mit Nerven versorgt. Sie bilden hier innerhalb der Muskularis ein dem Auerbachschen Plexus des Darms analoges, mit zahlreichen sympathischen Zellen besetztes Geflecht.

7. Das Pankreas.

Das Pankreas, Bauchspeicheldrüse, ist eine zusammengesetzte alveoläre Drüse von exquisit lappigem Bau, vergleichbar in ihrem Bauschema der Parotis. Sein Ausführungsgang, Ductus pancreaticus (Wirsungi), der, wie die systematische Anatomie lehrt, mancherlei Varietäten aufweisen kann, verläuft durch die ganze Länge der Drüse und verzweigt sich vielfach innerhalb derselben. Die kleinsten interlobulären Gänge treten in die Läppchen ein, zerfallen hier und gehen in lange Schaltstücke über, von welchen seitlich feine Zweige zu den Alveolen führen (Fig. 219).

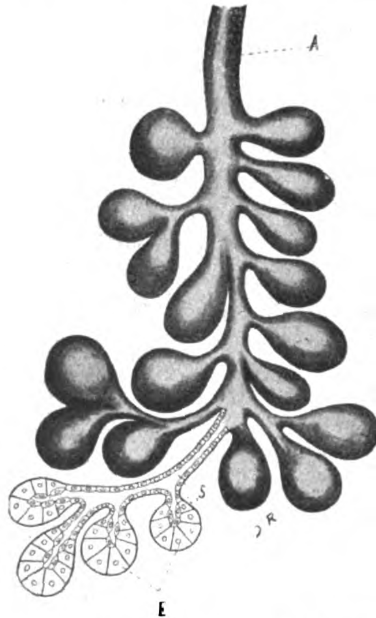


Fig. 219. Schema des Pankreas.

A = Ausführungsgang; S = Schaltstück; E = Endstück mit zentroazinären Zellen.

Das Sekret des Pankreas, der Pankreassaft, stellt eine ziemlich dicke farblose Flüssigkeit von alkalischer Reaktion dar, welche 1,2% feste Bestandteile, darunter 0,5% organische und 0,7% anorganische Bestandteile enthält. Unter den ersteren spielen die Enzyme die bedeutungsvollste Rolle, von denen es einmal amylolytische, d. h. Stärke in Maltose verwandelnde, gibt, ferner ein proteolytisches, d. h. einweißspaltendes Enzym, das Trypsin, und schließlich ein lipolytisches, fettspaltendes Enzym, das Steapsin. Wie Pawlow gezeigt hat, bildet die aus dem Magen in das Duodenum gelangende Salzsäure das wichtigste Anreizungsmittel für die Sekretion des Pankreassaftes.

Schon bei schwacher Vergrößerung erkennt man, daß jedes Pankreasläppchen eine Eigenart zeigt, die es von jeder anderen Drüse sofort unterscheiden läßt. Man sieht nämlich in jedem Läppchen, meist ungefähr im Zentrum gelegene, wohl abgegrenzte Bezirke, in welchen die Zellen keine typische Anordnung um ein Alveolarlumen herum

zeigen (Taf. XLIII, Fig. 220). Wir bezeichnen diese Bezirke als Langerhanssche Inseln und wollen sie getrennt von dem übrigen Parenchym besprechen.

Die Drüsenzelle des Pankreas (Fig. 221) besitzt eine konische oder kubische Gestalt und läßt sehr leicht zwei verschiedene Zonen, eine Außen- und eine Innenzone erkennen. Im frischen Zustande erscheint die erstere hell, etwas streifig, die letztere ist dunkel und wird von kugeligen, dicht gelagerten, stark lichtbrechenden Körnern, den Zymogenkörnern, eingenommen. Im Hunger ist die Innenzone sehr groß, die Außenzone sehr schmal; während der Verdauung dagegen wird erstere immer schmäler und kann schließlich ganz verschwinden, so daß der ganze Zellkörper jetzt der Außenzone

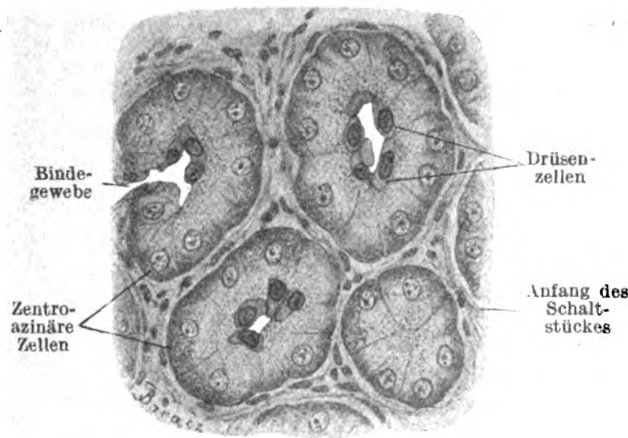


Fig. 221. Aus einem Schnitt durch das Pankreas der Katze. Ca. 580mal vergrößert.

entspricht. An gefärbten Dauerpräparaten erkennt man, daß der Zellkörper von einem maschigen Protoplasmagerüst gebildet wird, das in der Außenzone sehr engmaschig ist, in der Innenzone weitmaschiger wird und hier die Zymogenkörnchen umgibt. Der Zellkern liegt immer innerhalb der Außenzone, im Hunger also nahe der Zellbasis, und rückt während der Verdauung in die Zellmitte. Was den Mechanismus der Ausscheidung anbelangt, so wird das Sekret entweder als Kern- oder als Protoplasmaprodukt aufgefaßt. Von den Forschern, die die Sekretkörner des Pankreas vom Kerne herleiten, geht am weitesten Galeotti, welcher der Ansicht ist, daß diese Körner sich direkt im Kerninnern bilden; andere, wie Ogata, Mathews, Garnier, Laguesse, schreiben dem Kern, dessen Substanz in das Protoplasma übergeht, nur einen mittelbaren Anteil an der Bildung des Drüsensekrets im Pankreas zu. Die Anhänger des protoplasmatischen

Ursprungs der Sekretkörner bringen in den letzten Jahren (Hoven) die Mitochondrien in direkte Beziehung zur Sekretbildung. Die anfangs zahlreichen Chondriosomen wandeln sich auch hier in Ketten von Körnern um, die, an Volumen zunehmend, in Zymogenkörnchen übergehen. Um Wiederholungen zu vermeiden, verweisen wir auf das Kapitel über Drüsenepithel (S. 54 ff.).

In der Pankreaszelle ist schon seit langem ein sog. Nebenkern, Paranukleus, von sehr variabler Form beschrieben worden, der manchmal als Halbmond sich dem Kerne anschmiegt, manchmal als Kugel neben ihm liegt. Auch in betreff dieses Gebildes existieren auseinandergehende Ansichten. Es wird entweder als rein protoplasmatisches Produkt gedeutet oder aber vom Kerne abgeleitet, meistens aber wird der Nebenkern als ein Produkt von gemischter Herkunft aufgefaßt, und zwar als eine Differenzierung des Protoplasmas, als sog. Basalfilamente, in denen sich die vom Kern ausgeschiedene Substanz ansammelt.

Die Drüsenzellen der Alveolen werden in den Schaltstücken durch die sehr niedrigen Schaltstückepithelzellen ersetzt (Fig. 219 u. Taf. XLIII, Fig. 220). Diese letzteren schieben sich aber auch innerhalb der Alveolen über die Drüsenzellen herüber und begrenzen so das Alveolenlumen nach innen (Fig. 221). Durch den Besitz dieser von Langerhans entdeckten zentroazinären Zellen unterscheidet sich das Pankreas von allen übrigen Drüsen des menschlichen Körpers.

Auch im Pankreas gehen, wie in der Parotis, vom Lumen der Alveole feine Sekretkanälchen aus, die nach der einen Auffassung intrazellulär enden, nach der anderen nur ein Stück weit zwischen den Zellen vordringen.

Die Ausführungsgänge werden von kubischen oder zylindrischen Epithelzellen in einfacher Lage ausgekleidet; zu einer Stäbchenbildung innerhalb der Zellen der inter- und intralobulären Gänge, wie wir sie in den Speichelröhren der Submaxillaris und Parotis finden, kommt es im Pankreas nicht. Im Ductus pancreaticus findet sich hohes Zylinderepithel, nach außen von einer strukturlosen Basalmembran umgeben, auf die eine dünne bindegewebige Propria folgt. Zirkulär verlaufende glatte Muskelzellen bilden eine ziemlich starke Muskularis. In der Propria finden sich wenig zahlreiche Schleimdrüsen.

Die Langerhansschen Inseln sind zumeist rundliche Gebilde, beim Menschen von einem Durchmesser von 100—200 μ, welche sich gegen das Parenchym des Läppchens gewöhnlich scharf absetzen, manchmal dagegen direkt in die Drüsenalveolen übergehen (Taf. XLIII, Fig. 220, Fig. 222 u. Taf. XLIV, Fig. 223). Sie treten in der Zahl von 10 bis 20 Inseln pro Milligramm Pankreassubstanz auf und sind im Kopf und Körper zahlreicher als im Pankreasschwanz (Clark). In gefärbten

Präparaten erscheinen sie als hellere Flecken, denn ihre Zellen färben sich schwächer als die die Alveolen auskleidenden Zellen. Manchmal bestehen sie aus regellos gelegenen polyedrischen oder rundlichen Zellen, zwischen denen sich zahlreiche Blutkapilllaren finden, gewöhnlich aber sind diese Zellen zu netzförmig anastomosierenden Strängen angeordnet und es werden dann ihre Maschen von den Blutkapillaren eingenommen, die im Bereiche der Inseln an Breite zunehmen und in die außerhalb der Inseln verlaufenden Kapillaren kontinuierlich übergehen. Auffallend ist der enge Zusammenhang der Inselzellen mit den Gefäßen. In den Zellen lassen sich oft Sekretkörnchen nachweisen (Taf. XLIV, Fig. 223).

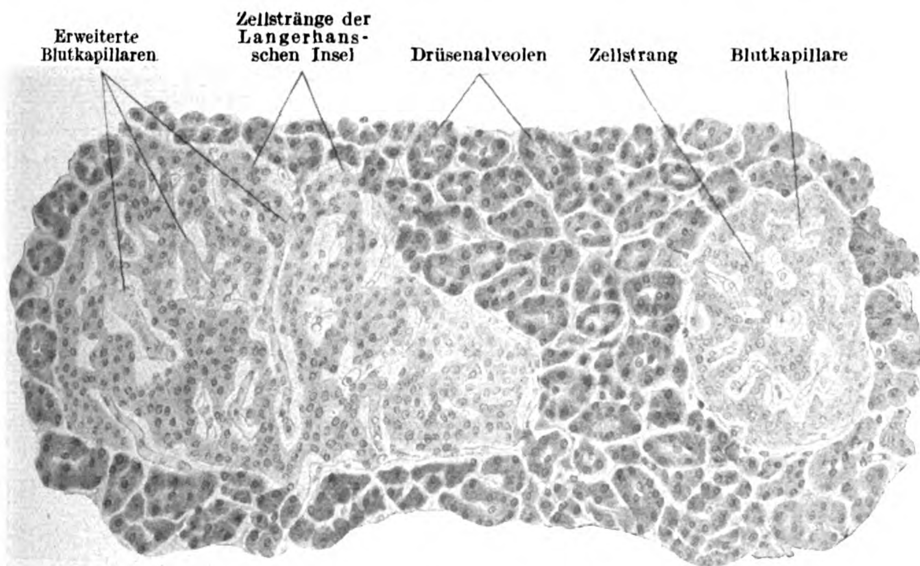


Fig. 222. Zwei in einem Drüsenläppchen enthaltene Langerhanssche Inseln aus dem Pankreas des Menschen.

Ca. 150mal vergrößert.

Unentschieden ist es, ob diese eigenartigen Zellhaufen in irgend einer Beziehung zu den Ausführungsgängen des Pankreas stehen. Von vielen Forschern wird dies direkt bestritten, von anderen dagegen behauptet. Nach Nerlichs neueren Untersuchungen lassen sich die Inseln vom Ductus pancreaticus aus injizieren.

In bezug auf die Funktion dieser Gebilde wird heutzutage fast allgemein die von Laguesse aufgestellte Meinung akzeptiert, daß die Langerhansschen Inseln die Rolle einer Drüse mit innerer Sekretion spielen. Für eine sekretorische Fähigkeit spricht zweifelsohne der Umstand, daß die Inselzellen während des Hungerns anders aussehen wie in der Verdauung (Nerlich). Nach der Exstirpation des Pankreas tritt bei Tieren Zuckerausscheidung im Harn (Diabetes) auf, die Tiere können den Zucker nicht mehr normalerweise verarbeiten. Nach den Untersuchungen von Diamare soll nun der Verlust der Langerhansschen Inseln an diesem Verhalten schuld sein; sie liefern ein Sekret, welches eine indirekte Wirkung auf die allgemeine Glykolyse des Körpers ausübt.

In betreff der Natur, der Bedeutung und des Ursprungs dieser Zellhaufen stehen sich zwei Anschauungen gegenüber.

Die eine besagt, daß die Langerhansschen Inseln, nachdem sie sich einmal während des Fetallebens entwickelt haben, jede Beziehung zu dem übrigen Pankreasgewebe verlieren, sich gegen dieses mit einer Bindegewebskapsel abgrenzen und ständig und unveränderlich als kleine selbständige Drüsen mit innerer Sekretion funktionieren (Diamare, Pearce, Heiberg, S. Suguki). Nach der anderen Anschauung sind die Langerhansschen Inseln nur vorübergehend vom Pankreasparenchym differenzierte Partien. Die Anhänger der letzteren Ansicht schreiben nämlich den Elementen der Inseln eine gewisse Variabilität (Balancementtheorie von Laguesse) zu, vermöge deren die Zellen der Alveolen die Fähigkeit der Umwandlung in insuläres Gewebe und die insulären Zellen in Alveolarepithel besitzen (Lewaschew, Mankowski, Schmidt, Karakaschew, Herxheimer, Swale Vincent und Thompson, Laguesse, Gellé, Retterer). Die Inseln bilden sich auf Kosten der Pankreasalveolen, verrichten eine begrenzte Zeit lang die innere Sekretion und kehren dann durch allmähliche Segmentation zu dem früheren Alveolenzustand zurück. Die Vertreter dieser Ansicht haben innige Verbindungen und Übergänge zwischen dem insulären und dem umgebenden Alveolenparenchym und auch eine direkte Umwandlung der Zellen der Alveolen in insuläre Zellen und umgekehrt beschrieben. Beobachtungen, die in pathologischen Fällen und auf experimentellem Wege (Pankreatitis und Verschluß des Wirsungschen Kanals) angestellt wurden, scheinen zugunsten letzterer Auffassung zu sprechen.

Die Blutgefäße, Lymphgefäße und Nerven verhalten sich im Pankreas ganz ähnlich wie in den Speicheldrüsen. Wir unterscheiden auch hier vasomotorische, sekretorische und sensible Nerven. Die letzteren enden, besonders im Pankreas der Katze, in der Form von Vater-Pacinischen Körperchen. Die Pankreasnerven sind überwiegend marklos und enthalten in ihrem Verlauf Ganglienzellen.

8. Das Bauchfell.

Das Bauchfell, Peritoneum, kleidet die Wände der Bauch- und Beckenhöhle als Peritoneum parietale aus und bildet um die in beiden gelegenen Organe einen mehr oder weniger vollständigen Überzug als Peritoneum viscerale. Die Beschreibung der Verlaufsverhältnisse ist Sache der systematischen Anatomie. Wir wollen hier nur den Bau der einzelnen Abschnitte des Bauchfells erörtern, und zwar des Peritoneum parietale, des Peritoneum viscerale, des Mesenteriums und des Omentums.

Das Peritoneum parietale trägt zunächst innen auf seiner freien Fläche ein einfaches Epithel, das sich aus einer Lage platter,

polygonaler Zellen zusammensetzt. Die Epithelzellen sitzen auf einer feinen, elastischen Basalmembran auf, dann folgt ein Bindegewebe mit verästelten Fibroblasten und zahlreichen, zu Netzen verbundenen, feinen, elastischen Fasern. Die Dicke des Peritoneum parietale beträgt etwa 100 μ. Mit der Muskulatur wird es durch ein lockeres Bindegewebe, Tela subserosa, verbunden. Zwischen den Epithelzellen des Peritoneum parietale finden sich vor allem an der Unterfläche des Zwerchfells zahlreiche Spaltöffnungen (Stomata), welche in die Lymphgefäße führen, mit denen die Bauchhöhle also in offener Kommunikation steht (v. Recklinghausen).

Das Peritoneum viscerale ist beträchtlich dünner, nur ungefähr halb so dick als das parietale Blatt, besitzt aber sonst den gleichen Bau. Die Subserosa ist meist nur sehr schwach entwickelt. Im viszeralen Peritoneum des Beckens finden sich außerdem glatte Muskelzellen, besonders im Lig. latum des Uterus. Sie spalten sich aus den oberflächlichen Lagen der Uterusmuskulatur ab und treten zwischen die beiden Blätter des Ligaments ein.

Das Omentum majus besteht aus vier, das Omentum minus aus zwei Peritonealblättern. Der Epithelüberzug des Netzes ist im postembryonalen Leben kein vollständiger mehr. Das Netz erscheint durchlöchert und stellt ein bindegewebiges, mit zahllosen Fettzellen durchsetztes Balkenwerk dar, von platten Epithelzellen in einfacher Schicht umgeben.

Die Mesenterien sind Peritonealduplikaturen. Zwischen beiden Blättern verlaufen innerhalb einer besonderen Bindegewebslage, der Membrana mesenterii propria (Toldt), die Gefäße und Nerven zum Darm.

Die Blutgefäße des Peritoneums sind spärlich entwickelt und bilden weitmaschige Kapillarplexus. Die Nerven sind recht zahlreich, zum größeren Teil marklos, zum kleineren markhaltig. Sie enden teils an den Gefäßen, teils in besonderen Nervonendkörperchen. Große Endkörperchen vom Typus der Vater-Pacinischen Körperchen trifft man im Mesenterium der Katze.

Innerhalb der Bauchhöhle findet sich normalerweise eine geringe Menge einer klaren dünnen Flüssigkeit, welche als korpuskuläre Elemente große, protoplasmareiche, rundkernige Zellen enthält, Makrophagen, phagozytäre Elemente. Es sind das nach Weidenreich losgelöste, aus dem Omentum stammende Peritonealepithelien. Man kann deshalb nach dieser Auffassung das Omentum als einen flächenhaft ausgebreiteten lymphoiden Apparat betrachten.

III. Das Atmungssystem.

Das Atmungssystem setzt sich aus einem unteren und einem oberen Abschnitt zusammen. Der erstere besteht aus den Lungen, den

Bronchien, der Luftröhre und dem Kehlkopf; der obere Abschnitt wird dargestellt durch die Nasenhöhle. Beide Abschnitte werden verbunden durch einen dem Verdauungs- und Atmungssystem gemeinsamen Raum, die schon früher besprochene Schlundhöhle. Wir wollen hier nur den Bau des unteren Abschnitts der Atmungsorgane abhandeln, die Nasenhöhle wird ihre Besprechung bei den Sinnesorganen finden.

Das Atmungssystem entwickelt sich in engster Verbindung mit dem Verdauungsrohr, von dem es sich als ventrale Rinne schon in sehr früher embryonaler Periode abschnürt. Beim 5 mm langen menschlichen Embryo zeigt der Schlunddarm zwei seitlich längs verlaufende Furchen, durch welche er in seinem oberen Abschnitt in eine dorsale Schlundhalbrinne und eine ventrale Lungenhalbrinne zerfällt. Die letztere setzt sich nach unten fort in eine paarige Lungenanlage. Indem die seitlichen Längsfurchen immer weiter ins Lumen vordringen, trennen sie schließlich das Schlundrohr vollkommen von dem Lungenrohr oder Luftrohr, das oben in ersteres einmündet. Aus der Lungenanlage entsteht die Lunge durch Sprossung nach Art einer alveolärtubulösen Drüse. Das obere Ende des Luftrohres weitet sich und erhält ein von dem zweiten bis fünften Viszeralbogen stammendes Knorpelskelett, es wird zum Kehlkopf, während der mittlere Abschnitt die Luftröhre und die Bronchien bildet.

Wir hätten also nacheinander zu besprechen:

1. den Kehlkopf,
2. die Luftröhre,
3. die Bronchien und
4. die Lungen.

1. Der Kehlkopf.

Der Kehlkopf dient bei den höheren Wirbeltieren nicht allein der Atmung, sondern er ist in hervorragender Weise gleichzeitig in ein Stimmbildungsorgan umgewandelt. Der Luftstrom versetzt, indem er durch den Kehlkopf durchstreicht, zwei an seinem oberen Ausgang angebrachte, reich mit elastischem Gewebe ausgestattete Schleimhautduplikaturen, die Stimmfalten, in schwingende Bewegung. Es wird dadurch, ähnlich wie in einer Zungenpfeife, ein Ton erzeugt. Ein komplizierter Muskelapparat dient zur Spannung und Stellungsänderung dieser Stimmfalten und wirkt so auf Höhe, Stärke und Klangfarbe des erzeugten Tones.

Die Schleimhaut des Kehlkopfs besteht aus Epithel, Basalmembran und Lamina propria (Taf. XLV, Fig. 224). Ihre Dicke ist individuell verschieden, als Mittelwert darf man 0,5 mm annehmen. Das Epithel ist zweierlei Art, es dringt nämlich das geschichtete Plattenepithel der Mundschlundhöhle noch ein Stück weit in das Kehlkopfinnere vor und überzieht hier einmal die laryngeale Fläche der Epiglottis, so daß ein deren freien Rand umgebender Saum von Plattenepithel entsteht, der oben am breitesten, etwa 1 cm, ist und nach den ary-epiglottischen Falten zu immer schmäler wird. Es überzieht ferner die ganze Regio interarytaenoidea und die freien Ränder

der Stimmfalten. Ausnahmsweise trifft man es auch auf der Taschenfalte. Die ganze übrige Kehlkopfschleimhaut trägt ein mehrreihiges Flimmerepithel, dessen Flimmern sich gegen die Rachenhöhle bewegen, wobei allerdings zu bemerken ist, daß in individuell verschiedener Ausdehnung innerhalb dieses Epithels an manchen Stellen, vor allem an der Hinterfläche des Kehldeckels, Inseln von geschichtetem Plattenepithel auftreten können.

Das Flimmerepithel ist ungefähr 50 μ dick und besteht aus einer geschlossenen Lage flimmernder hoher Zylinderzellen, zwischen deren verschmälerten unteren Enden nach oben spitz auslaufende Zellen lagern, die aber die Schleimhautoberfläche nicht erreichen. Zwischen den Zylinderzellen finden sich zahlreiche Becherzellen. Das geschichtete Plattenepithel bietet keine hervorzuhebenden Besonderheiten. Es senkt sich in Form von Zapfen in die Propria hinein, welche sich am Rande der Stimmfalten zu parallel verlaufenden Längsleisten verbinden; hier erreicht das Epithel eine Dicke von 100 μ. Im Epithel der Kehlkopfschleimhaut finden sich vielfach Geschmacksknospen (Verson), und zwar immer nur innerhalb der Plattenepithelregion, aber niemals auf den Stimmfalten.

Die Basalmembran ist immer gut entwickelt, strukturlos oder undeutlich streifig.

Die Lamina propria besteht aus dicht verfilzten Bindegewebsfasern, zwischen denen äußerst zahlreiche elastische Fasern eingelagert sind. Sie ist bald mehr locker, z. B. an den ary-epiglottischen Falten und an der hinteren Kehlkopfwand, bald straffer. Papillen finden sich auf der Propria entsprechend den Epithelzapfen nur da, wo geschichtetes Plattenepithel vorhanden ist. In den Stimmfalten verlaufen die Proprialeisten längs. Hier besteht die Propria fast ausschließlich aus längsverlaufenden, dicken, elastischen Fasern, welche durch dünne Queranastomosen miteinander verbunden sind. Es bildet sich so ein kompakter elastischer Strang, der sich am hinteren Ende auffasert und sich mit dem Processus vocalis verbindet, das Stimmband oder Lig. vocale. Vorn inseriert er dagegen als einheitlicher Strang am Winkel des Schildknorpels. An dieser Stelle findet sich ein kleiner Netzknorpel dem Schildknorpel angelagert, Proc. vocalis anterior oder Macula flava. Die Taschenfalte des Menschen enthält in etwa der Hälfte der Fälle einen oder zwei, nicht über 1 mm große Netzknorpel von rundlicher Form (Citelli), die Stimmfalte dagegen besitzt konstant an ihrem Vorderende etwa $1^1/_2$ bis 2 mm von der Cartilago thyreoidea zwei kleine, 2 bis $3^1/_2$ mm lange, gelbliche, aus elastischen Fasern bestehende Knötchen, jedoch ohne Knorpelzellen (Noduli elastici chordae vocalis, Imhofer). Unter dem Lig. vocale folgen dann die Fasern des M. thyreo-arytaenoideus; es wird das

erstere von den einen als Sehne (Henle, Ludwig), von den anderen als Faszie (Harless, Fränkel) des letzteren angesehen.

Die Propria der Kehlkopfschleimhaut enthält zahlreiche Drüsen, die nur am freien schwingenden Rande der Stimmfalte fehlen; ihre größte Ausdehnung erreichen sie im Ventriculus laryngis und in der Taschenfalte. Die Drüsen sind teils verzweigt tubulöse Eiweißdrüsen, teils alveolär-tubulöse Schleimdrüsen mit Gianuzzischen Halbmonden (Maziarski). Auch Lymphfollikel kommen in der Kehlkopfschleimhaut vor, unter normalen Verhältnissen aber nur an der Hinterfläche der Epiglottis, im Ventrikel und an der hinteren Wand. An der erstgenannten Stelle finden sich zahlreiche Balgdrüsen zu einer Tonsilla laryngea vereinigt, die aber schon vom 30. Lebensjahre an eine starke Rückbildung erfahren (Citelli).

Eine Submukosa kommt im Kehlkopf nur zur Ausbildung auf der Oberseite der Epiglottis, in den ary-epiglottischen Falten, in den Taschenfalten sowie im Ventrikel und besteht hier aus lockerem Bindegewebe. An allen übrigen Stellen setzt sich die stark elastische Außenpartie der Propria direkt in das elastische Perichondrium der Knorpel fort.

Die Gefäße der Kehlkopfschleimhaut lassen meist eine Anordnung in drei, in verschiedenen Höhen gelagerte und durch Queräste verbundene Netze erkennen, von denen das innerste dicht unter der Basalmembran liegt. Auch Lymphgefäßnetze durchsetzen die Propria der Schleimhaut; sie sind am spärlichsten entwickelt in den Stimmfalten, am reichlichsten in den ary-epiglottischen Falten.

Die Kehlkopfknorpel sind umgeben von einem starken, an elastischen Fasern sehr reichen Perichondrium und bestehen zum allergrößten Teil aus Hyalinknorpeln. Eine Ausnahme machen die Cartilago epiglottica, die Cartilagines cuneiformes und corniculatae und der Processus vocalis der Cartilagines arytaenoideae, die aus elastischen Knorpeln bestehen. Die Kehlkopfknorpel verknöchern schon relativ früh. Nach Chiewitz beginnt die Verknöcherung beim Mann im 20., beim Weib im 22. Jahre, und zwar zuerst im Schild- und Ringknorpel. Sie stellt einen physiologischen Vorgang dar, der beim Mann größere Dimensionen erreicht als beim Weib.

Die Nerven des Kehlkopfes stammen aus dem N. laryngeus superior und inferior, sowie aus dem N. sympathicus, von denen der erste und letzte vorwiegend zu der Kehlkopfschleimhaut, der N. laryngeus inferior vorwiegend zu den Kehlkopfmuskeln geht. Innerhalb der Propria der Kehlkopfschleimhaut bilden die Nerven ausgedehnte, zum Teil noch markhaltige Plexus, die mit zahlreichen Ganglienzellen besetzt sind. Die aus ihnen aufsteigenden Fasern endigen mit ihren Verästelungen zwischen den Epithelzellen, an den Drüsen und an den Gefäßen.

Die Muskeln des Kehlkopfs bestehen sämtlich aus quergestreiften Fasern.

2. Die Trachea.

Das Epithel der Trachealschleimhaut ist, wie das des Kehlkopfs, ein mehrreihiges Flimmerepithel von ungefähr 70 μ Dicke. Die Flimmern schlagen dort wie hier nach dem Rachen zu. Zwischen den Flimmerzellen sitzen zahlreiche Becherzellen, auch Inseln von geschichtetem Epithel finden sich nicht allzu selten.

Die Basalmembran zeigt dieselben Verhältnisse wie im Kehlkopf.

Die Lamina propria enthält auch in der Trachea sehr zahlreiche elastische Fasern. Zunächst findet sich unter der Basalmembran eine schmale, bindegewebige, von Lymphozyten durchsetzte Schicht, auf die dann nach außen eine starke elastische Partie folgt, deren Fasern, zu Netzen verbunden, vorwiegend längs verlaufen. Sie setzt sich nach außen wieder in eine breite bindegewebige Zone fort, die das Drüsenstratum enthält und entweder in das Perichondrium der Trachealknorpel oder in die Submukosa übergeht. Im Paries membranaceus liegen die elastischen Fasern unmittelbar unter dem Epithel, verlaufen zirkulär und bilden hier eine sehr ansehnliche Schicht (Yokayama).

Die Drüsen sind beim Menschen in der Trachealschleimhaut sehr stark entwickelt und gleichen in ihrem Bau ganz den Kehlkopfdrüsen.

Eine Submukosa fehlt nach innen von den Knorpeln gänzlich, sie findet sich als lockeres, mit zahlreichen elastischen Fasern durchsetztes Bindegewebe nur in den Interstitien und in dem Paries membranaceus.

Die Trachealknorpel, die bekanntlich die Form eines ovalen, hinten offenen Ringes haben, bestehen aus Hyalinknorpel und werden umgeben von einem starken elastischen Perichondrium. Nach De Kervily enthalten die Trachealknorpel elastische Elemente, würden also als elastische Knorpel zu bezeichnen sein. Sie verknöchern weniger regelmäßig als die Kehlkopfknorpel.

Die beiden freien Enden eines jeden Trachealringes werden verbunden durch Züge glatter Muskelzellen, die in ihrer Gesamtheit den M. trachealis darstellen. Die Muskeln besitzen an ihren Enden kurze Sehnen. Nach außen von diesen transversalen Bündeln finden sich auch noch vereinzelte longitudinal verlaufende Bündel. Die in dem Paries membranaceus gelegenen Drüsen durchbrechen vielfach die Muskelschicht und kommen in das retromuskuläre Bindegewebe zu liegen.

Gefäße und Nerven verhalten sich in der Trachea ebenso wie im Kehlkopf.

3. Die Bronchien.

Die gröberen und feineren Verzweigungen der Trachea, die Bronchien und Bronchiolen, zeigen in ihrem Bau alle wesentlichen Verhältnisse der Luftröhre (Taf. XLVI, Fig. 225). Im einzelnen wäre folgendes zu bemerken.

Die Schleimhaut springt in den großen Bronchien in Längsfalten in das Lumen vor, die um so mehr verflachen, als die Bronchien enger werden und schließlich ganz verschwinden. Das sie deckende Epithel ist zunächst das gleiche, wie in der Luftröhre. Haben die Bronchien eine Weite von etwa 0,5 mm angenommen, so verschwindet allmählich die tiefere Zellage und das Epithel ist nun ein einfaches, flimmerndes Zylinderepithel, dessen Zellen mit abnehmender Weite des Bronchus immer niedriger werden. Sobald das Epithel einschichtig wird, verlieren sich auch die Becherzellen.

Die Propria besteht in den Bronchien fast nur noch aus zu Netzen verbundenen elastischen Fasern.

Die Drüsen, zunächst noch sehr zahlreich, nehmen allmählich an Zahl ab und verlieren sich ungefähr bei einer Weite von 0,85 mm. Sie liegen in den mittleren und kleineren Bronchien nach außen von den Knorpeln.

Die Knorpel zerfallen bekanntlich um so mehr, je weiter wir in den Bronchien vordringen, sie verschwinden vollkommen ebenfalls bei einer Weite von 0,85 mm. Sie werden umgeben von einer starken Bindegewebslage mit zahlreichen elastischen Fasern, welche die Bronchialwand mit dem sie umgebenden Lungengewebe verbindet. Nach Cutore enthalten die intrapulmonalen Bronchien des Menschen elastische Knorpel.

Die Muskeln bilden in den größeren und mittleren Bronchien eine zusammenhängende 150—100 μ dicke Schicht. Mit dem allmählichen Schwund der Knorpel wird diese Schicht immer dünner und knorpellose Bronchiolen besitzen auch gewöhnlich keine zusammenhängende Muskulatur mehr.

4. Die Lungen.

Die Lungen sind alveolär-tubulöse Drüsen, die sich beim Neugeborenen noch aus einzelnen Läppchen zusammensetzen. Beim Erwachsenen erkennt man auch eine Zusammensetzung aus einzelnen Läppchen, doch sind dieselben hier viel größer, messen 1—2 cm, und sind durch Vereinigung mehrerer primärer Läppchen entstanden. Die einzelnen Läppchen werden durch das interlobuläre, mit elasti-

schen Fasern stark durchsetzte Bindegewebe miteinander sehr fest verbunden.

In jedes primäre Läppchen tritt ein Bronchiolus ein und zerfällt durch seitliche Abgabe und fortwährende dichotomische Verzweigung schließlich in 50 bis 100 Endbronchiolen. Jeder Endbronchiolus erweitert sich zu einem Alveolargang, der sofort wieder in eine Anzahl weiterer oder engerer länglicher Blindsäcke zerfällt,

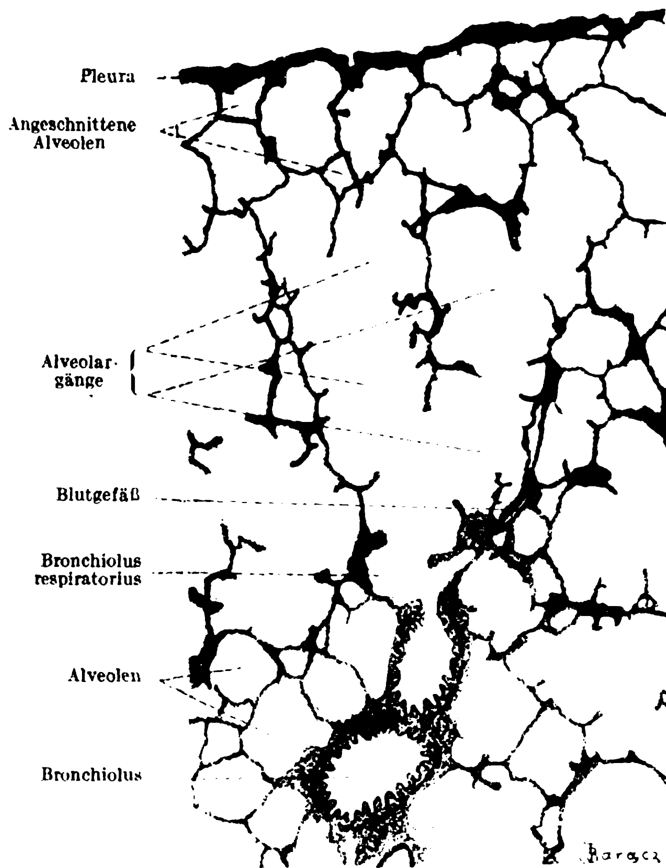


Fig. 226. Schnitt durch die Lunge der Katze.
Der Bronchiolus respiratorius teilt sich in zwei Äste. Ca. 50mal vergrößert.

die Infundibula. Alveolargang und Infundibula sind ringsum mit zahlreichen Aussackungen, den Alveolen, besetzt (Fig. 226).

Es wird durch diese Einrichtung eine mächtige respiratorische Oberfläche geschaffen, welche mit dem respiratorischen Epithel bekleidet ist. Dieses Epithel könnte man nach den Untersuchungen von Bohr als ein Drüsenepithel bezeichnen, denn es besitzt die Fähigkeit, zu sezernieren. Es sezerniert nicht nur Kohlensäure aus dem Blut der umgebenden Kapillaren in die Alveolen und Sauerstoff aus

der Alveolarluft in das Blut, sondern es gleicht auch darin dem echten Drüsenepithel, daß es die Kohlensäure nicht allein nur einfach ausscheidet, sondern sie zum Teil aus intermediären Produkten, die ihm durch das Blut zugeführt werden, auch selbständig erzeugt (Bohr).

Da wir die Bronchien und Bronchiolen in ihren Bauverhältnissen kennen gelernt haben, so bliebe uns vom Lungenparenchym nur noch die Besprechung der Endbronchiolen, Alveolargänge und Alveolen übrig.

In dem Endbronchiolus oder Bronchiolus respiratorius treten gegenüber den Bronchiolen zwei wichtige Veränderungen auf. Einmal verlieren die Epithelzellen ihre Zilien und werden bei fortwährender Abnahme ihrer Höhe schließlich ganz platt. Das Bindegewebe der Propria verschwindet ebenfalls immer mehr und mehr. Das gleiche gilt auch von der Muskulatur, die nun keinen vollständigen Ring mehr bildet, sondern nur ein weitmaschiges Geflecht. Es besteht so die Wand des Bronchiolus respiratorius aus einem einschichtigen Epithel von wechselnder Höhe; unter diesem findet sich eine unvollständige Schicht glatter Muskelzellen, durchsetzt von elastischen Fasern. Als wichtigste Veränderung treten dann aber in der Wand der Bronchioli respiratorii seitliche Aussackungen, die Alveolen, auf.

Die Alveolargänge, Ductuli alveolares, die Infundibula, auch Atria genannt, und die Alveolen besitzen sämtlich den gleichen Bau. Ihre Grundlage bildet eine homogene, strukturlose, manchmal leicht streifige Grundmembran. Da, wo zwei Alveolen aneinander stoßen, ist die Grundmembran beiden gemeinsam und trennt die beiden Hohlräume voneinander. In die Grundmembran eingebettet liegen die Kapillaren und wulsten sie, da sie dicker sind als jene, nach außen und innen vor. Außer der Grundmembran verbreiten sich in den Wänden der Alveolen, letztere umspinnend, Bindegewebsfasern und zahlreiche elastische Fasern, von denen nach Orsós in bezug auf Ursprung, Verlauf und Konstruktion zwei in ihren feineren Verzweigungen teilweise zusammenhängende Systeme unterschieden werden können. Das eine gröbere Fasersystem entspringt aus den Wandungen der Bronchien, bildet das feste Gerüst der Alveolen und ermöglicht infolge seines für Verschiebungen geeigneten Aufbaues ihre periodische Erweiterung und Zusammenziehung während der In- und Exspirationsbewegungen. Das zweite elastische Fasersystem ist feiner, stammt von den elastischen Schichten der Blutgefäße und folgt in seinem Verlaufe den Kapillaren. Am dichtesten liegen die elastischen Fasern in der Alveolenzwischenwand und an der Mündungsstelle der Alveolen in die Infundibula, Alveolargänge und Bronchioli respiratorii. An diesen Stellen vereinigen sie sich zu elastischen Ringen, welche den Binnenraum der Alveole von dem Infundibulum mehr oder weniger abschließen können.

Das Epithel, welches alle diese Hohlräume auskleidet, wird als respiratorisches Epithel (Fr. E. Schulze) bezeichnet (Fig. 227). Über den Bau dieses Epithels bestehen zwei Ansichten. Nach der einen setzt es sich aus zwei verschiedenen Elementen zusammen, und zwar aus großen, dünnen, hellen, kernlosen Platten und aus kleinen, dunkleren, kubischen, mitochondrien- und kernhaltigen Epithelzellen (Eberth, Elenz, C. Schmidt, Fr. E. Schulze, Kölliker). Die gegenseitige Lagerung dieser beiden Elemente wird durch die die Alveolen umspinnenden Kapillarnetze bedingt, indem die kernhaltigen Zellen einzeln oder zu mehreren die Kapillarmaschen einnehmen, die drei- bis viermal größeren kernlosen Platten die Kapillaren selbst überdecken. Letztere gehen in ihrer Entwicklung ebenfalls aus kubischen Epithelzellen hervor, welche durch die Atmung ausgedehnt wurden. Nach der anderen Anschauung (Oppel) sind diese kernlosen Platten nichts anderes als Fortsetzungen, Lappen der kernhaltigen Zellen, mit denen sich letztere über die Kapillaren herüberlegen.



Fig. 227. Respiratorisches Epithel aus der Lunge vom Frosch mit versilberten Kittlinien.
Ca. 300 mal vergrößert.

Der Übergang des kubischen Epithels der Bronchiolen in dieses respiratorische Epithel erfolgt unregelmäßig und allmählich im Bronchiolus respiratorius.

Die Frage nach dem Vorkommen von glatten Muskelzellen in der Alveolarwand ist verschieden beantwortet worden; so treten z. B. Rindfleisch und Nicolas dafür ein, während die Muskelzellen nach Toldt von den Bronchioli respiratorii nur noch auf die Alveolargänge übergehen.

Delafield, Hansemann, Nicolas, Marchand und viele andere haben Öffnungen in den Alveolarzwischenwänden beschrieben, durch welche benachbarte Alveolen miteinander kommunizieren. Solche Verbindungen scheinen normale Vorkommnisse beim Menschen und den Säugern darzustellen.

Das Blutgefäßsystem der Lunge ist, ähnlich wie das der Leber, ein doppeltes, wir können auch hier funktionelles Blut und Ernährungsblut unterscheiden. Funktionelles Blut wird der Lunge vorwiegend durch die A. pulmonalis, Ernährungsblut vorwiegend durch die Aa. bronchiales zugeführt. Abgeführt wird das Blut der Hauptmasse nach durch die Vv. pulmonales, während die Vv. bronchiales nur eine relativ geringe Blutmenge aus der Wand der großen und mittleren Bronchien und dem interlobulären Bindegewebe abführen. Die Arterienäste begleiten die Bronchien und ver-

ästeln sich mit ihnen. Die Bronchialarterien versorgen dabei Schleimhaut, Muskulatur und Propria der Bronchien und das interlobuläre Bindegewebe. Die Pulmonalarterie nimmt an dieser Versorgung nur geringen Teil und scheint auch mit den Bronchialarterien keine wesentlichen Anastomosen einzugehen. Das Gebiet der letzteren endigt am Beginn des Lungenläppchens, in welches nur ein Zweig der A. pulmonalis eintritt. In dem Läppchen begleitet die Arterie zunächst den Bronchiolus und gibt dann an jeden Bronchiolus respiratorius einen Ast, der wieder die Zweige für Alveolargang, Infundibula und Alveolen abgibt. Die Zweige zerfallen in Kapillaren und bilden mit diesen um jede Alveole herum einen korbartigen Plexus (Fig. 228), dessen Maschenweite je nach der Ausdehnung der Alveole zwischen 5 und 18 μ schwankt, eines der engsten Kapillarnetze des menschlichen Körpers. Die Kapillaren liegen, wie oben geschildert, in der homogenen Grundmembran und sind so eng, daß die Blutkörperchen sich durchzwängen müssen. Die abführenden Venen, Zweige und Äste der Vv. pulmonales verlaufen entsprechend den Arterien, sie nehmen außer dem gesamten Atmungsblut auch noch einen großen Teil des Bronchialblutes auf, da die Bronchialvenen sich erst an den mittleren Bronchien entwickeln.

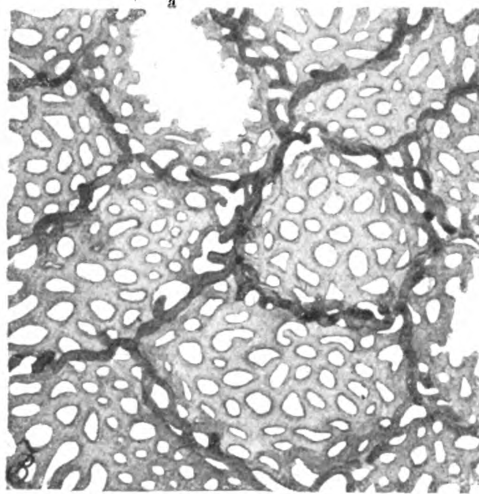


Fig. 228. Schnitt aus der injizierten Lunge des Kaninchens.

Die Alveolen sind von der Fläche gesehen: bei a ist ein Alveolus angeschnitten. Die grauen Balken sind Gefäßkapillaren, die hellen Felder dagegen Maschen des Kapillarnetzes. Ca. 300mal vergrößert.

Die Wurzeln der Lymphgefäße der Lunge liegen um die Alveolen herum und in dem interlobulären Bindegewebe; die abführenden Stämmchen folgen entweder den Bronchien und gelangen zum Lungenhilus oder aber sie dringen in dem interlobulären Bindegewebe bis unter den Pleuraüberzug vor und gehen hier in ein weitmaschiges subseröses Lymphgefäßnetz über, aus dem abführende Gefäße zum Lungenhilus verlaufen. In das subseröse Netz sind zahlreiche Lymphfollikel und Lymphdrüsen eingeschaltet. Ebensolche finden sich auch in der Nachbarschaft der mittleren und größeren Bronchien.

Die Nerven der Lungen stammen vom N. vagus und N. sympathicus, sie dringen mit den Bronchien ein, verzweigen sich vielfach in deren Schleimhaut und enden an ihren Muskeln. Innerhalb der

Lungenläppchen bilden sie einen zwischen den Alveolen gelegenen Plexus; das Verhalten seiner Endäste ist nicht näher bekannt.

Die Pleura.

Die Pleura kleidet einmal als Pleura parietalis jederseits die Pleurahöhle aus und schlägt sich dann an der Lungenwurzel auf die Lunge über, überzieht ihre gesamte Oberfläche und dringt auch in die Spalten zwischen den einzelnen Lungenlappen ein. Die Pleura besteht aus einem einschichtigen Epithel niedriger, platter, polygonaler Zellen, die auf einer strukturlosen dünnen Basalmembran aufsitzen. Zwischen den Epithelzellen finden sich Stomata, welche in die subpleuralen Lymphspalten führen (Dybowski). Unter der Basalmembran liegt ein Bindegewebe, reich an elastischen Fasern und in der Pleura parietalis viel mächtiger entwickelt als in der Pleura visceralis.

IV. Das Harnsystem.

Das Harnsystem besteht aus zwei umfangreichen drüsigen Organen, den Nieren, denen die Aufgabe zufällt, die bei dem Abbau der verschiedenen Nahrungsmittel innerhalb des Blutes und der verschiedensten Organe entstehenden, für den Körper giftigen Produkte auszuscheiden. Von den Nieren führen die Harnleiter den Harn, eine wässerige Lösung jener Produkte, zu der als Sammelreservoir ausgebildeten Harnblase, die ihn durch die Harnröhre nach außen entleert. Dieser letzte Abschnitt des Harnsystems dient beim männlichen Geschlecht gleichzeitig zur Abführung der Geschlechtsprodukte und ist dem als Begattungsorgan ausgebildeten Penis eingelagert. Beim Weib dagegen münden Harnwege und Geschlechtswege in getrennten Kanälen nach außen.

1. Die Nieren.

Die Niere ist eine zusammengesetzte tubulöse Drüse. Zwar beginnt jeder Tubulus mit einer alveolenartigen Erweiterung (Bowmansche Kapsel), doch kann auf Grund dieses Umstandes allein die Niere zu den alveolär-tubulösen Drüsen nicht gerechnet werden, da jene Erweiterungen keine Merkmale besitzen, die den Sekretionsräumen der Drüsen eigentümlich sind — es fehlen ihnen nämlich die eigentlichen Drüsenelemente. Die Tubuli vereinigen sich zu einer bestimmten Anzahl von Abflußröhren, welche sich nicht, wie bei anderen Drüsen, zu einem gemeinsamen Ausführungsgang nach und nach vereinigen, sondern welche, voneinander getrennt, in einen gemeinsamen Hohlraum, das Nierenbecken münden, aus dem der Harnleiter den Harn abführt.

Der Harn stellt eine, je nach seiner Konzentration hellgelbe bis rotbraune, aromatisch riechende Flüssigkeit dar von neutraler oder schwach saurer Reaktion Die Menge des täglich gelassenen Harns beträgt im Mittel 1500 ccm, unterliegt jedoch beträchtlichen Schwankungen. Der frisch gelassene Harn enthält keine geformten Bestandteile, abgesehen von einigen abgestoßenen Epithelzellen der Harnwege. Die wichtigsten organischen Bestandteile des Harns sind: 1. Der Harnstoff (2—3%), das wesentlichste Endprodukt des Eiweißabbaues im Tierkörper. Der Harnstoff wird in der Niere nur ausgeschieden. Über den Ort seiner Bildung wissen wir noch nichts Bestimmtes, doch spielt die Leber hier sicherlich eine sehr bedeutende Rolle. 2. Die Harnsäure spielt im menschlichen Harn eine geringere Rolle als bei den Vögeln und Reptilien, bei welchen sie die Hauptmasse des Harnstickstoffs enthält. Auch die Harnsäure wird nur durch die Nieren ausgeschieden, sie wird im Körper als Endprodukt der Zersetzung der Nukleine gebildet. 3. Das Kreatinin, 4. die Purinbasen (Xanthin, Guanin, Hypoxanthin, Paraxanthin und andere), 5. Oxalsäure, 6. die Hippursäure, 7. Ätherschwefelsäuren, 8. Indoxylschwefelsäure und Harnfarbstoffe (Urochrom, Urobilin). Von den anorganischen Bestandteilen spielen die Hauptrolle Chlornatrium, Chlorkalium, Phosphate, Sulfate und Ammoniak.

Schon makroskopisch kann man an einem Quer- oder Längsschnitt durch die Niere zwei durch ihre verschiedene Farbe kenntliche Zonen unterscheiden, eine 6—8 mm breite, dunkelrote Rindensubstanz und eine hellere Marksubstanz. Die letztere zerfällt in eine Anzahl pyramidenförmiger Abteilungen — (Malpighische) Nierenpyramiden, deren abgerundete Spitzen als Papillen in das Nierenbecken hineinragen, deren breite Basen aber gegen die Rinde hinsehen. Von solchen Pyramiden besitzt die menschliche Niere zwischen 7 und 20, die meisten Säugetiere haben jedoch nur eine einzige Pyramide. Jede Pyramide stellt, wie uns die Niere des Neugeborenen zeigt, einen besonderen Lappen des Nierenparenchyms dar. Hier zeigt die Nierenoberfläche eine deutliche Lappung, und zwar finden sich so viel Lappen als Papillen da sind. Jeder Lappen reicht von der Papille bis zur Oberfläche; indem während des Kindesalters die Basen der einzelnen Pyramiden miteinander verwachsen, verschwindet die Lappung und wir haben nun eine einheitliche Nierenrinde. Die Rindensubstanz trennt noch die mittleren Partien der Pyramiden voneinander, indem sie in Form von keilförmigen Fortsätzen, Columnae renales (Bertini), gegen den Hilus renalis vordringt. Andererseits dringen von der Basis einer jeden Pyramide zahlreiche, sich allmählich verschmälernde konische Fortsätze bis dicht unter die Nierenoberfläche — die Markstrahlen, Processus medullares (Ferreini). Den zwischen ihnen liegenden Teil der Nierenrinde bezeichnet man als Nierenlabyrinth (Taf. XLVII, Fig. 229).

In den Pyramiden und den Processus medullares ist der Verlauf der Nierenkanälchen gerade, in der Rinde dagegen gewunden.

Wir können an jedem Kanälchen einen absondernden und einen ableitenden Abschnitt unterscheiden (Taf. XLVIII, Fig. 230). Es beginnt mit einem kleinen kugeligen, im Nierenlabyrinth gelegenen Körperchen, dem Malpighischen Körperchen, Corpusculum renis. Aus ihm geht mittels eines kurzen Halsstückes ein stark gewundenes, inner-

halb der Rinde oder des Labyrinths gelegenes Rohr, der Tubulus contortus, hervor. Er bildet peripher vom Körperchen zahlreiche, dicht aneinander gelegene Windungen, tritt dann in den Markstrahl ein und geht unter allmählicher Kaliberabnahme in die Henlesche Schleife über. Dieselbe dringt innerhalb der Pyramiden mehr oder weniger weit zentralwärts vor. Die beiden Schenkel der Schleife liegen dicht nebeneinander und unterscheiden sich durch ihr Kaliber. Bei den langen Schleifen (nach Peter kommen auf eine lange Schleife mindestens sieben kurze), ist der absteigende Schenkel und der Anfangsteil des aufsteigenden Schenkels dünn, der Rest des letzteren dicker, bei den kurzen Schleifen ist dagegen nur ein kleiner Abschnitt des ersteren dünn und sein Ende sowie der ganze aufsteigende Schenkel dicker. Nun läuft das Kanälchen wieder zu seinem Körperchen hin, legt sich ihm dicht in mehrere Windungen an und geht in das schlingenförmig gewundene Schaltstück über, welches bogenförmig in das initiale Sammelrohr mündet. Das Schaltstück stellt das Ende der absondernden, das Sammelrohr den Anfang der ableitenden Strecke dar. Das letztere nimmt zunächst zahlreiche Schaltstücke auf und tritt dann in das Mark ein, dessen größten Teil es durchsetzt, ohne weitere Kanälchen aufzunehmen. Erst in der inneren Hälfte des Markes beginnen benachbarte Sammelröhren miteinander zu Ausflußröhren zu verschmelzen, die sich wieder zu den Ductus papillares vereinigen, von denen 10 bis 24 auf jeder Papille ausmünden.

Alle die eben beschriebenen Abteilungen des Harnkanälchens besitzen als gemeinsame Umhüllung eine dünne strukturlose Membrana propria, auf der nach innen Epithelzellen in einfacher Schicht aufsitzen. Höhe, Form und Struktur dieser Zellen zeigen in den einzelnen Abschnitten des Kanälchens ganz typische Unterschiede und sollen im folgenden einzeln besprochen werden.

Das Malpighische Körperchen hat einen Durchmesser von 0,13—0,22 mm und besteht aus zwei Teilen, aus dem den Kern des Körperchens bildenden Glomerulus und der diesen Kern schalenförmig umschließenden Kapsel (Müllersche oder Bowmansche Kapsel) (Fig. 232). Während nämlich bei anderen Drüsen die Alveolen von den Blutgefäßen korbartig umgeben werden, herrscht hier das umgekehrte Verhalten. Die Blutgefäße liegen in Form eines Knäuels (Glomerulus) im Innern des Körperchens und werden umhüllt von einem platten Epithel (Bowmansche Kapsel). Um den Bau des Malpighischen Körperchens recht zu verstehen, kann man sich vorstellen, daß ursprünglich zwei getrennte Bestandteile vorhanden sind, eine kugelige Alveole, welche das Ende eines Harnkanälchens bildet, und eine Gefäßschlinge, welche der Alveole entgegenwächst und sie an dem der Kanälchenmündung entgegengesetzten Pole einstülpt. Dadurch, daß diese Gefäßschlinge sich durch Sprossung immer mehr

vergrößert und immer weiter gegen das Innere der Alveole vordringt, wird aus der letzteren zunächst ein doppelwandiger Becher und schließlich eine doppelwandige Kapsel. Die eine Wand, parietale Wand, umhüllt das Körperchen äußerlich. Sie bildet die direkte Fortsetzung der Harnkanälchenwand und geht an dem der Harnkanälchenmündung entgegengesetzten Pol des Körperchens ringförmig in die viszerale, innere Wand über, die von der ersteren nur durch einen schmalen Spaltraum getrennt wird (Fig. 232). Es besitzt somit diese

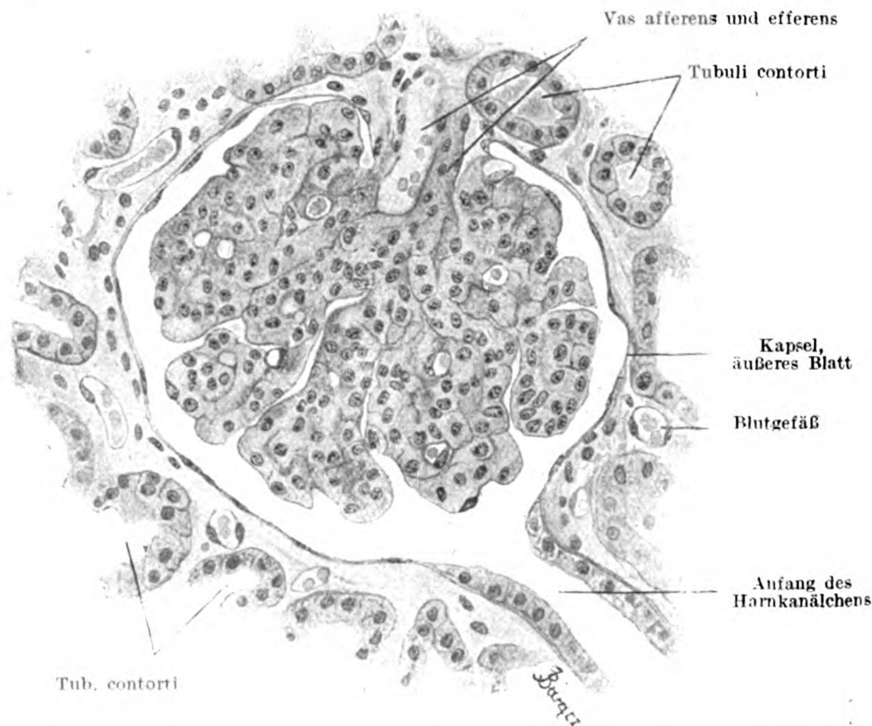


Fig. 232. Aus einem Schnitt durch die Rindensubstanz einer Affenniere. Es ist ein Malpighisches Körperchen samt Anfangsstück des Harnkanälchens sichtbar. Ca. 350mal vergrößert.

doppelwandige Kapsel an jener Stelle (der ursprünglichen Einstülpungsstelle) eine Öffnung, deren Rand die Umschlagsstelle der äußeren in die innere Wand darstellt. Durch sie tritt ein Blutgefäß, Vas afferens, in das Kapselinnere ein, verzweigt sich und bildet durch Anastomose der einzelnen Teiläste den Glomerulus. Die einzelnen Teiläste sammeln sich dann wieder zu einem abführenden Gefäß, Vas efferens, welches durch dieselbe Öffnung dicht neben dem Vas afferens das Körperchen verläßt. Der Glomerulus füllt dabei das Innere des Malpighischen Körperchens so vollkommen aus, daß die

viszerale Wand der Kapsel sich den Gefäßschlingen des Glomerulus dicht anschmiegt und als ein äußeres Epithel derselben imponiert.

Wir müssen also an jeder Kapsel eine Membrana propria, ein parietales und ein viszerales Epithel unterscheiden. Die Membrana propria ist eine dünne strukturlose Membran, welche an der Eintrittsstelle der Gefäße sich noch eine Strecke lang auf den Glomerulus überschlägt, dann aber sehr bald verschwindet. Nach außen wird die Membran und mit ihr das ganze Körperchen umhüllt von einem unter normalen Verhältnissen nur sehr spärlich entwickelten fibrillären Bindegewebe. Das parietale Epithel sitzt jener Membran direkt auf und besteht aus unregelmäßig polygonalen, ziemlich großen und ganz platten Zellen, deren Kern den Zellkörper nach innen etwas vorbuchtet. An der Eintrittsstelle des Harnkanälchens werden die flachen Zellen rasch höher und gehen in das kubische Epithel des Kanälchens über. Das viszerale Epithel besteht aus ganz ähnlichen Zellen, die aber in der Niere des Erwachsenen nicht leicht zu erkennen sind. Beim Neugeborenen sind die Zellen noch kubisch und deshalb leichter zu sehen. Beim Erwachsenen platten sie sich stark ab, liegen direkt der Wand der Gefäßschlingen auf, bekleiden letztere kontinuierlich und dringen dabei zwischen die einzelnen Läppchen des Glomerulus tief ein (Fig. 232). Nach v. Ebner ist das viszerale Epithel der Bowmanschen Kapsel ein echtes Synzytium, nach Zimmermann setzt es sich dagegen aus stark verästelten Zellen zusammen.

Der Tubulus contortus, auch als Tubulus contortus I. ordinis bezeichnet, entwickelt sich meist aus dem nach dem Hilus gerichteten Teil der Kapsel mittels einer halsartigen Einschnürung. Seine Windungen liegen, wie schon vorher erwähnt, zum größten Teile peripher vom Körperchen, kehren aber dann wieder zu ihm zurück, um weiter zentralwärts in die Henlesche Schleife überzugehen. Er erscheint im frischen Präparat immer dunkel und hebt sich dadurch von dem Anfangsteil der Henleschen Schleife ab, der immer hell und durchsichtig ist. Die Dicke des Kanälchens beträgt 38—42 μ. Außen liegt eine stark entwickelte Membrana propria, welche hier aus zwei Lamellen zusammengesetzt ist: aus einer äußeren homogenen und einer inneren, sehr feinen Lamelle, die eine regelmäßige, zirkuläre Streifung aufweist (v. Frisch). Nach innen sitzt dieser Membrana propria das einschichtige Epithel auf. Die Epithelzellen sind kubisch bis niedrig zylindrisch. Das Lumen ist verhältnismäßig eng. Seine Weite schwankt je nach der Sekretionstätigkeit. Bei starker Sekretion ist das Lumen weiter, die Zellen sind niedriger, im Ruhezustand dagegen, d. h. direkt vor der Exkretion, ist das Lumen enger, die Zellen sind höher (Sauer). Die den Tubulus contortus auskleidenden Zellen lassen sich nur schwer gegeneinander abgrenzen, da ihre Zellgrenzen mit zackigen Rändern ineinandergreifen und meist nur sehr undeutlich erkennbar sind

(Fig. 233). Sie besitzen einen großen, ovalen oder kugeligen, in der Zellmitte gelegenen oder mehr dem Lumen genäherten Kern. Der Zellkörper ist trübe, enthält zahlreiche feine Körnchen und Fädchen (Chondriomiten, Taf. II, Fig. 9) und zeigt, ganz ähnlich wie bei den Zellen der Speichelröhren, in seiner basalen Hälfte eine sehr deutliche Stäbchenstruktur. Nach der Ansicht von R. Heidenhain, die in neuester Zeit wieder von Takaki verteidigt worden ist, stellen die Stäbchen homogene oder körnige, dicht und parallel nebeneinander gelagerte, zylindrische, fransenartige Fortsätze des Zellkörpers dar, Sauer dagegen läßt die Stäbchen innerhalb des Zellprotoplasmas selbst durch Hintereinanderlagerung von Körnchen zustande kommen. Benda, Kolster u. a. haben gezeigt, daß es sich hier um mitochondriale Bildungen handelt, die bei der Sekretion eine große Rolle spielen.

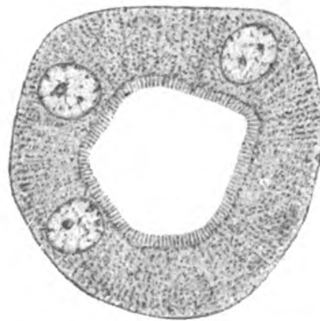


Fig. 233. Querschnitt eines gewundenen Kanälchens aus der Niere des Kaninchens.

Die Grenzen der Epithelzellen sind nicht zu sehen. Nur drei Kerne sind getroffen. Die Stäbchenstruktur und der Bürstenbesatz sind gut sichtbar. Ca. 1100mal vergrößert.

Die dem Lumen zugekehrte freie Oberfläche der Zelle ist bedeckt von einem niedrigen Saum kurzer starrer Stäbchen, dem sog. Bürstensaum oder Bürstenbesatz (Tornier, Nußbaum, Lorenz, van der Stricht, Nicolas, Sauer), dessen Höhe und Aussehen während der Sekretionstätigkeit großen Schwankungen unterliegt. Unmittelbar unter dem Bürstenbesatz liegt eine Reihe von Basalkörperchen (Nicolas, Prenant) (Fig. 233). In der Mitte der Zelloberfläche, unter der Basalkörperchenreihe, findet sich nach Zimmermann ein doppeltes Zentralkörperchen. Schließlich haben Brugnatelli und Basile in den Zellen auch einen wohlausgebildeten Netzapparat nachgewiesen, der zwischen dem Kern und dem Bürstensaum gelegen ist.

Die Henlesche Schleife. An ihr unterscheiden wir, wie wir früher sahen, einen absteigenden und einen aufsteigenden Schenkel. Der Tubulus contortus geht unter allmählicher Verdünnung in den absteigenden Schenkel der Schleife über, indem an Stelle der eben beschriebenen kubischen Zellen ganz flache Zellen treten. Dieser Übergang ist immer ein plötzlicher und findet beim Menschen in allen Kanälchen in der gleichen Höhe statt, und zwar in den äußeren Partien des Markes. Die Dicke dieses hellen Abschnittes der Henleschen Schleife beträgt 9—15 μ, dabei ist das Lumen des Kanals relativ weit. Die Membrana propria ist sehr stark, die auskleidenden Zellen stellen dünne Platten dar, von denen oft eine einzige das Lumen rundum begrenzt. Da der Kern den Zellkörper nach innen vor-

buchtet, so wird der Innenkontur leicht wellig. Auf dem Querschnitt hat ein solches Kanälchen große Ähnlichkeit mit einer Blutkapillare (Fig. 234).

Die Ausdehnung, welche dieser helle Abschnitt der Henleschen Schleife erreicht, ist außerordentlich verschieden. Bei den langen Schleifen ist der ganze absteigende Schenkel und auch noch ein beträchtlicher Teil des aufsteigenden Schenkels hell und dünn, bei den kurzen Schleifen dagegen erreicht der helle Abschnitt nur eine ganz geringe Länge und nimmt nur einen Teil des absteigenden Schenkels ein.

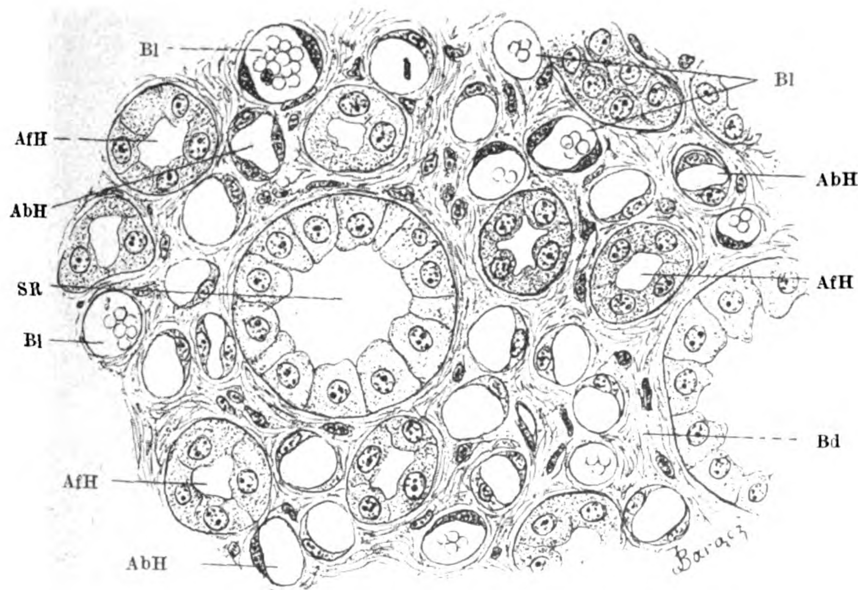


Fig. 234. Aus einem Querschnitte durch die Basis der Pyramide einer Affenniere.

SR = Sammelröhre; AbH = Absteigender Schenkel der Henleschen Schleife; AfH = Aufsteigender Schenkel der Henleschen Schleife; Bl = Blutgefäße; Bd = Interstitielles Bindegewebe. Ca. 500mal vergrößert.

An den hellen Abschnitt der Henleschen Schleife schließt sich der trübe Abschnitt, indem an Stelle der platten hellen Zellen, dunkle, kubische Zellen treten. Auch hier ist der Übergang ein plötzlicher, er findet, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, bei den kurzen Schleifen im Endabschnitt des absteigenden, bei den langen Schleifen im Anfangsteil des aufsteigenden Schenkels statt und erfolgt immer unter beträchtlicher Verdickung des Kanals von 15 auf 30 μ. Die Epithelzellen zeigen eine ähnliche Stäbchenstruktur wie im Tubulus contortus. Das Lumen ist relativ eng.

Während man früher annahm, daß der aufsteigende Schenkel der Henleschen Schleife bis zum Schaltstück den gleichen Bau zeigt, hat Peter nachgewiesen, daß in dem aufsteigenden Schenkel, kurz

bevor er in die Rinde eintritt, an Stelle der dunklen Zellen wieder helle, niedrigere Zellen treten. Das Kanälchen nimmt dabei noch etwas an Umfang zu, von 30 auf 33 μ, sein Lumen wird beträchtlich weiter. Es läuft nun der Schenkel direkt wieder auf sein zugehöriges Malpighisches Körperchen zu, beschreibt in seiner unmittelbarsten Nähe ein oder zwei Windungen und geht in das Schaltstück über.

Das Schaltstück, auch als Tubulus contortus II. ordinis bezeichnet, zeigt wieder den Bau des Tubulus contortus, seine Dicke ist ungefähr die gleiche wie dort, doch sind die auskleidenden Zellen niedriger, das Lumen weiter. Das Schaltstück stellt eine rückläufige Schlinge (Peter) dar, in der die Zellen sich allmählich immer mehr aufhellen, je näher wir dem Sammelrohr kommen. Man hat deshalb auch von einem besonderen Verbindungsstück mit hellem Epithel zwischen Schaltstück und Sammelrohr gesprochen.

Sowohl in dem Epithel der Henleschen Schleife als auch in dem des Schaltstückes findet sich beim erwachsenen Menschen normalerweise stets Fett in Form feiner Tröpfchen. Nach Segawa handelt es sich um ein Gemisch von Lipoiden und braunem Pigment.

Das Sammelrohr wird ausgekleidet von hellen, kubischen Zellen, ohne Stäbchenstruktur, mit einem kugeligen, in der Zellmitte gelegenen Kern (Fig. 234). In jeder Zelle findet sich, ebenso wie in den Zellen aller anderen Kanalabschnitte, ein dicht unter der Oberfläche gelegenes doppeltes Zentralkörperchen (Zimmermann). Ganz den gleichen Bau weisen auch die Ausflußröhren und die Ductus papillares auf, nur daß mit der Zunahme des Kanalumfanges auch die Höhe der auskleidenden Zellen steigt, so daß aus den kubischen Zellen bald niedrige und schließlich hohe Zylinderzellen werden.

Auch in dem Epithel der Sammelröhren und vor allem der Ductus papillares kann beim Menschen in vorgerückterem Alter Fett, und zwar hauptsächlich Neutralfett, auftreten. In viel ausgedehnterem Maße trifft man das Fett bei manchen Tieren, z. B. bei der Katze, an.

Was die Funktion der einzelnen Abschnitte der voneinander im Bau so sehr abweichenden Nierenkanälchen anbelangt, so wissen wir darüber trotz zahlreicher Forschungen nichts Sicheres. Der Bau der Bowmanschen Kapsel und des dünnen Segments der Henleschen Schleife weisen darauf hin, daß diese keine sezernierende Rolle spielen. Die Glomeruli sondern den überwiegenden Teil des Harnwassers ab; im dünnen Abschnitt der Henleschen Schleife findet wahrscheinlich eine Resorption von Wasser, also eine Eindickung des Harns statt. Dagegen erfolgt die Ausscheidung der Harnsalze in den Tubuli contorti, die der Purinkörper aber in diesen letzteren und im breiten Schenkel der Henleschen Schleife.

Die Vorgänge, welche sich in den Nierenzellen während der Harnsekretion abspielen, scheinen sehr kompliziert zu sein. In den Tubuli

contorti erfolgt die Exkretion mittels einer Art von Exosmose durch den Bürstensaum, welcher während des ganzen Sekretionszyklus nicht verschwindet. Der Bürstensaum ist vor Beginn der Exkretion, wo die Zellen hoch sind, mehr homogen, dagegen tritt während oder nach der Exkretion, wenn also die Zellen niedrig sind, seine Streifung deutlich hervor.

Auch hier wie bei anderen Drüsen ist das Verhalten der Mitochondrien Gegenstand zahlreicher Forschungen der letzten Jahre geworden. In den Tubuli contorti erscheinen Mitochondrien in Form von Chondriosomen, Chondriomiten und Chondriokonten. Bei geschwächter unterdrückter Sekretion strotzen die Epithelzellen der Tubuli contorti von Chondriomiten und Chondriokonten. Bei starker Sekretion (Diurese) kommt es in dem dem Lumen zugewendeten Teile zum Zerfall der Mitochondrien in einzelne Körner, welche in der durch Flüssigkeitsaufnahme stark geschwollenen Zelle regellos zerstreut sind und auch miteinander verschmelzen können. Die Körner sind als Vorstufen des Sekrets aufzufassen. Während der Sekretbildung erhält sich nur der basale Teil der Chondriomiten und Chondriokonten und erzeugt eine nur niedrige Stäbchenstruktur, die erst nachträglich im Ruhezustande wieder ihre vollständige Ausbildung erlangt (Kolster). Hjelt sah während der Koffeindiurese die gewöhnlich aus körnchenhaltigen Fäden zusammengesetzte Partie der Zellen von einer Masse dicht beieinander gelagerter, meist homogener Fädchen ausgefüllt, welche die Länge der normalen Stäbchen nicht erreichen; darunter findet man auch körnchenhaltige Fädchen. Den zwischen diesen anscheinend vermehrten Basalfilamenten und dem Bürstenbesatz befindlichen Raum nehmen zahlreiche isolierte Körner ein, welche kleiner und viel zahlreicher sind als in der normalen Nierenzelle. In der dem Lumen näher gelegenen Partie finden sich zuweilen Vakuolen. Derartige während der Diurese eintretenden Veränderungen sind stets an allen gewundenen Harnkanälchen zu beobachten.

Das Bindegewebe ist in der Niere im allgemeinen nur recht spärlich vorhanden. Es umgibt die ganze Niere in Form einer derben, festen, auch glatte Muskelzellen führenden Tunica albuginea und dringt von hier aus in feinen Zügen in die Nierenrinde ein. Hier findet es sich in ganz minimaler Menge um die Tubuli contorti herum. Etwas stärker, aber unter normalen Verhältnissen immer noch sehr gering, ist es um die Malpighischen Körperchen herum entwickelt und erreicht seine stärkste Entwicklung in den Pyramiden, wo es die Ausflußröhren in größerer Menge umscheidet.

Die Arterien der Niere sind Zweige der A. renalis, die in größerer oder geringerer Entfernung von der Aorta in ihre Hauptäste zerfällt. Kurz bevor oder kurz nachdem die letzteren in die Niere eingedrungen sind, geben sie zahlreiche Gefäße an das die Niere umgebende Fett-

gewebe ab (Capsula adiposa renis). Die Äste der A. renalis sondern sich in ventrale und dorsale Äste, das Verbreitungsgebiet der ersteren ist größer als das der letzteren, so daß jene auch noch über den Margo lateralis herüber auf die Dorsalfläche übergreifen (Zondek). Die Arterien treten zwischen die Pyramiden ein und dringen als Aa. interlobares bis zur Grenze zwischen Mark und Rinde vor. Hier angekommen, biegen sie ab und verlaufen nun parallel zur Nierenoberfläche (Aa. arciformes). Von der konvexen Seite dieser Arterienbogen zweigen sich dann in beinahe gleichen Abständen kleine Arterien ab und verlaufen gegen die Nierenoberfläche hin (Aa. interlobulares) (Taf. XLVIII, Fig. 230). Diese für die Niere außerordentlich charakteristischen Gefäße durchsetzen fast die ganze Dicke der Rinde, wobei sie sich mehrmals teilen (Dehoff) und geben unter allmählicher Verschmälerung nach allen Seiten kurze Äste ab, die als Vasa afferentia in die Malpighischen Körperchen eindringen und die Glomeruli bilden (Taf. XLVIII. Fig. 230). Das Vas afferens ist ebenso wie das aus dem Glomerulus austretende Vas efferens als Arterie aufzufassen, wir haben also in dem Glomerulus ein sog. arterielles Wundernetz vor uns. Die Schlingen des letzteren ähneln in ihrem Bau den Kapillaren.



Fig. 235. Glomerulus aus einer injizierten Niere des Menschen.

Man sieht ein Vas afferens und efferens. Ca. 160mal vergrößert.

Das aus dem Glomerulus das Blut abführende Vas efferens wendet sich zum Markstrahl und zerfällt in engmaschige Kapillaren, welche die hier gelegenen geraden Kanälchen umspinnen. Beim Eindringen in die Rindensubstanz werden die Kapillarmaschen wieder mehr rundlich und umspinnen die Tubuli contorti und die Schaltstücke. Die Kapillarmaschen sammeln sich schließlich zu kleinen Venen, die dicht neben und parallel zu den Aa. interlobulares verlaufen, Vv. interlobulares (Taf. XLVIII, Fig. 230). Sie münden ein in die entsprechend den gleichnamigen Arterien verlaufenden Vv. arciformes.

Die freien Enden der Aa. interlobulares lösen sich in Kapillaren auf, welche die gewundenen Kanälchen der äußersten Rinde umspinnen. Nicht selten aber dringen diese Arterien auch durch die Rinde hindurch, gelangen in die Tunica albuginea und anastomosieren mit den Kapselarterien. Es bildet sich so ein Kollateralkreislauf zwischen Nierenparenchym und Nierenkapsel, so daß z. B. bei Verschluß eines Parenchymastes der Nierenarterie der betreffende Abschnitt

auf dem Wege der Kapselarteiien vikariierend mit Blut versorgt werden kann (Hyrtl, Hoyer, Steinach, Geberg, Golubew). Das venöse Blut, das aus den äußersten Rindenbezirken abfließt, sammelt sich unter der Kapsel in kleinen Venen, deren Ästchen sich sternförmig vereinigen (Vv. stellatae, Stellulae Verheynii) und den Anfang der Vv. interlobulares bilden.

Die Marksubstanz wird teils durch die Ausläufer der Kapillaren der Rindensubstanz versorgt, teils durch die Arteriolae rectae. Diese letzteren haben einen zweifachen Ursprung. Zum größten Teil entspringen sie direkt von der konkaven Seite der Arterienbogen, welche die Aa. arciformes bilden, zum kleineren Teil sind sie nichts anderes als Vasa efferentia der tiefer liegenden Glomeruli. Sie bilden langgestreckte Kapillarmaschen, welche die Henleschen Schleifen, Sammelröhren, Ausflußröhren und Ductus papillares umspinnen und sich zu den in die Vv. arciformes mündenden Venulae rectae sammeln. Direkte Anastomosen zwischen Arterien und Venen sind in der Nierenkapsel von Geberg, in der Niere selbst von Golubew beschrieben worden.

Die Lymphgefäße der Niere haben ihre Wurzeln in Spalträumen, welche überall zwischen den Harnkanälchen in dem hier spärlichen Bindegewebe vorhanden sind. Der Abfluß ist ein doppelter. Einmal ergießen sich diese Spalträume in die die größeren und mittleren Blutgefäße begleitenden und mit ihnen aus der Niere heraustretenden Lymphgefäße, andererseits aber stehen sie auch mit einem Netz von Lymphgefäßen in Verbindung, welches die Tunica albuginea durchsetzt (Ludwig und Zawarykin, Budge).

Mit Nerven ist die Niere sehr reichlich versorgt. Sie dringen mit den Gefäßen ein, umspinnen die Harnkanälchen und endigen mit feinen varikösen Fäserchen, die in Endknöpfchen auslaufen, an den Zellen der Harnkanälchen (Retzius, Berkley, Smirnow). Azoulay und Evant sahen die Nerven auch mit dem Vas afferens in das Malpighische Körperchen eindringen und an den Zellen des Kapselepithels endigen.

2. Die ableitenden Harnwege.

a) Nierenkelche, Nierenbecken, Harnleiter und Harnblase.

Der erste Abschnitt der harnabführenden Wege, der nun zu betrachten wäre, setzt sich zusammen aus den die Papillae renales umfassenden Nierenkelchen, die sich wiederum zur Bildung des Nierenbeckens miteinander vereinigen. Das letztere verjüngt sich allmählich zum Harnleiter, der den Harn zu der als Sammelreservoir ausgebildeten Harnblase hinleitet. Da alle diese Teile eine

gewisse Übereinstimmung in ihrem Bau zeigen, sollen sie im folgenden im Zusammenhang besprochen werden.

Wir können an den Ausführwegen der Niere unterscheiden: 1. eine aus Epithel und Propria bestehende Schleimhaut, 2. eine Submukosa, 3. eine Muskelhaut und 4. eine Faserhaut.

1. Das Epithel der harnabführenden Wege ist ein sog. Übergangsepithel, d. h. ein mehrschichtiges Epithel, bei dem die tiefsten Lagen aus kubischen, die mittleren Lagen aus sehr verschiedenartigen zylindrischen, kubischen, kolbigen, polyedrischen und die oberflächlichste Lage aus platteren, oft mehrkernigen Zellen bestehen (Taf. L, Fig. 236, Taf. LI, Fig. 237 u. Fig. 238). Die letzteren bezeichnet man ihrer eigenartigen Form wegen gewöhnlich als Schirmzellen. Die Dicke des Epithels ist großen Schwankungen unterworfen, sie beträgt im Mittel 60—70 μ. Die freie Oberfläche der Nierenpapillen ist als Fortsetzung

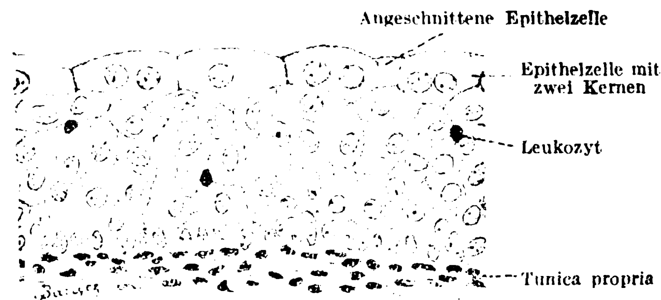


Fig. 238. Aus einem senkrechten Schnitt durch die Blasenschleimhaut des Affen. Ca. 300mal vergrößert.

des Epithels der Ductus papillares mit einem einfachen kubischen Epithel überzogen, welches an der Umschlagstelle der Nierenkelche in das Übergangsepithel übergeht. Zwischen den Epithelzellen des Nierenbeckens finden sich außerdem spindlige, die ganze Dicke des Epithels bis unter die Deckzellen durchsetzende Elemente. Es sind das aus der Tunica propria aufsteigende Bindegewebszüge, Fibrillen und Fibroblasten (Disse). Mit diesen Bindegewebszellen dringen auch Blutkapillaren in das Epithel ein und so haben wir hier einen der seltenen Fälle von vaskularisiertem Epithel vor uns. Ureter und Blase zeigen ein ganz entsprechendes Verhalten.

Die Propria der harnabführenden Wege besteht aus fibrillärem Bindegewebe mit ziemlich zahlreichen elastischen Fasern (Taf. L, Fig. 236 und Taf. LI, Fig. 237). Eine Basalmembran zwischen Propria und Epithel fehlt. Im Nierenbecken ist die Schleimhaut faltenlos, im Ureter dagegen legt sie sich im leeren Zustand in zahlreiche Längsfalten und in der kontrahierten Blase bildet die Schleimhaut ein

ganzes System netzartig miteinander verbundener Falten. Nur das Trigonum vesicae ist faltenlos.

Das Vorkommen von Drüsen in den harnabführenden Wegen ist eine viel diskutierte Streitfrage. Nach den neuesten Untersuchungen (v. Brunn, Disselhorst, Aschoff, Disse) dürfen wir Nierenbecken und Ureteren als vollkommen drüsenfrei bezeichnen. Auch der größte Teil der Harnblase ist drüsenfrei, wenn man einfache Schleimhautkrypten nicht als Drüsen bezeichnen will. Dagegen findet man in der Nähe des Orificium urethrae internum nicht selten verästelte tubulöse Drüsen, die als „verlagerte Urethraldrüse" aufzufassen sind.

2. Die Propria geht ohne scharfe Grenze in die Submukosa über. Die letztere ist im Nierenbecken nur sehr schwach, etwas stärker im Ureter und am stärksten in der Harnblase entwickelt. Sie besteht aus fibrillärem Bindegewebe mit elastischen Fasern vermischt und enthält in der Harnblase auch glatte Muskelzellen.

3. Die Muskelhaut findet sich in allen Teilen der harnabführenden Wege und setzt sich überall aus glatten, zu Bündeln vereinigten Muskelzellen zusammen. Im Nierenbecken finden sich innere Längs- und äußere Ringmuskeln, die aber keine ununterbrochene Muskelhaut bilden, sondern mehr netzartig angeordnet sind, an manchen Stellen auch ganz fehlen. In den Nierenkelchen umfassen die Ringmuskeln die Basis der Papillen und sind von Henle als besonderer „Ringmuskel der Papille" beschrieben worden. Erst in den mittleren Abschnitten des Ureters kann man von einer kontinuierlichen Muskelhaut sprechen. Hier haben wir zunächst eine mächtige Lage von inneren Längsmuskeln, dann folgt eine mittlere Lage von zirkulär verlaufenden Zellen und schließlich wird letztere nach außen noch von einer schwächeren äußeren Längsmuskelschicht bedeckt (Taf. L, Fig. 236 und Taf. LI, Fig. 237). Beim Übergang der Ureteren in die Blase behält die Ureterenmuskulatur ihre Selbständigkeit gegenüber der Blasenmuskulatur; so kommt es, daß die wellenförmigen, von oben nach unten über den Ureter verlaufenden Kontraktionen, durch welche der Harn in die Blase befördert wird, sich nicht auf die Blasenmuskulatur fortsetzen.

Die Muskulatur der Blase besteht zunächst aus der Muskulatur der Submukosa, dann folgt die eigentliche Muskularis mit inneren Ringmuskeln und äußeren Längsmuskeln. Die submukösen Muskeln sind im Blasenkörper nur schwach entwickelt, im Blasengrund dagegen bilden sie eine mächtige Muskelplatte, die sich mit den Muskeln des Orificium urethrae internum zum M. sphincter vesicae internus vereinigt. Die Ringmuskeln bilden eine dicke, ziemlich gleichmäßige Schicht, die Längsmuskelschicht ist dünner und ungleichmäßiger entwickelt.

4. Die Faserhaut, Adventitia, liegt äußerlich der Muskularis auf; sie besteht aus lockerem Bindegewebe und es verlaufen in ihr die gröberen Nerven- und Gefäßstämme.

Die Blutgefäße bilden im Nierenbecken drei Schichten, so daß die gröberen Stämme am weitesten nach außen, die Kapillaren unmittelbar unter dem Epithel liegen (Disse). Daß die letzteren mit dem Bindegewebe in das Epithel selbst eindringen, ist bereits früher erwähnt worden. Ein ganz ähnliches Verhalten haben wir in den Ureteren, nur finden sich hier zwei Kapillarnetze, eines unter und in dem Epithel, ein zweites innerhalb der Muskelhaut. Auch die Harnblasenwand besitzt zwei derartige Kapillarnetze.

Lymphgefäße finden sich im Ureter sowohl in der Propria als auch in der Muskularis (W. Krause), in der Harnblase sollen sie dagegen nur in der Muskularis anzutreffen sein (Gerota, Disse).

Die Nerven bilden in der Adventitia des Ureters zunächst einen weitmaschigen Grundplexus (Engelmann), von ihm steigen die Fasern zu der Muskulatur und zum Epithel. Innerhalb der Muskulatur sollen sich außerdem sympathische Zellen finden (Maier, Protopow, Disse).

Die Innervation der Harnblase gestaltet sich nach Michailow folgendermaßen: zerebrospinale (markhaltige) und sympathische (marklose) Nerven bilden in der Harnblasenwand Geflechte, von denen sich ein Teil in der Faserhaut, andere aber in der Muskelhaut der Harnblase verteilen. Von diesen letzteren Nervenfasern endigt ein Teil an den glatten Muskelzellen, ein anderer dringt dagegen weiter in die Submukosa und Mukosa ein, wo sie wieder zu Geflechten zusammentreten. In allen Schichten der Blasenwand (Faser-, Muskel- und Schleimhaut) liegen bald einzeln, bald in kleineren oder größeren Gruppen sympathische Ganglienzellen. In der Propria der Schleimhaut endigen die Nerven mit eingekapselten und mit uneingekapselten Endapparaten. Von ihnen sind zu unterscheiden: modifizierte Vater-Pacinische Körperchen, Körperchen mit Plattenendigung und eingekapselte Nervenknäuel, unter denen der zweiten Gruppe: baumförmige Endapparate, uneingekapselte Nervenknäuel und Nervenendnetze. In dem Epithel der Harnblasenschleimhaut endigen die Nerven frei zwischen den Epithelzellen in Form reichlich verzweigter Bäumchen, deren Endästchen mannigfaltige Verdickungen aufweisen.

b) Die Harnröhre.

Die Harnröhre des Mannes.

An der männlichen Harnröhre können wir die gleichen Schichten unterscheiden, wie an den übrigen Teilen der harnabführenden Wege.

Das Epithel zeigt in den einzelnen Abschnitten der Harnröhre verschiedenen Charakter. Zunächst schlägt sich das Harnblasenepithel auch auf die Urethra über und ihre Pars prostatica ist mit demselben geschichteten Epithel ausgekleidet, das wir dort als Übergangsepithel kennen gelernt haben. An seine Stelle tritt beim Übergang der Pars prostatica in die Pars membranacea ein Zylinderepithel, das bald nur als mehrreihig, bald als mehrschichtig beschrieben wird. Wir haben eine oberflächliche, das Lumen in einfacher Schicht auskleidende Lage langer, zylindrischer Zellen, an die sich basalwärts eine oder auch vielleicht mehrere Lagen kubischer, mehr oder weniger lang ausgezogener Zellen schließen. Die oberflächlichen Zylinderzellen

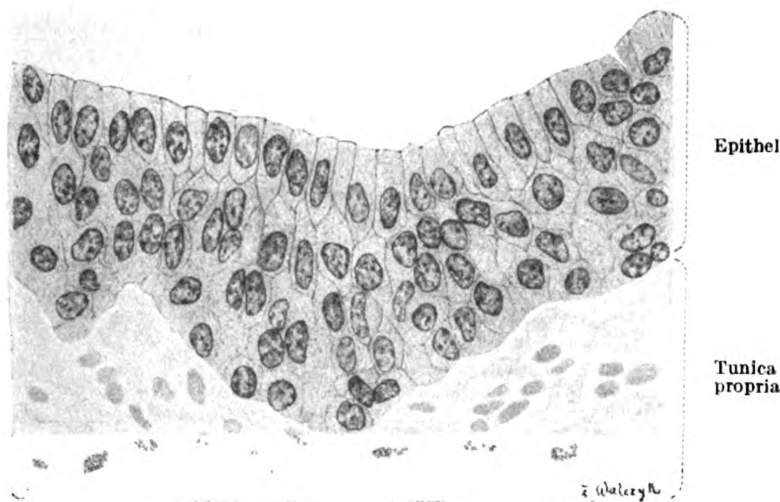


Fig. 239. Geschichtetes zylindrisches Epithel aus der Pars membranacea der Harnröhre des Menschen.
Ca. 540mal vergrößert.

können entweder die untere Grenze des Epithels erreichen — dann haben wir ein mehrreihiges Epithel —, oder sie erreichen sie nicht, dann kann man von einem mehrschichtigen Epithel sprechen (Fig. 239). An einzelnen Stellen, besonders in der Pars membranacea, können die tieferen Zellschichten vollkommen fehlen, so daß wir hier dann ein einfaches Zylinderepithel haben. Augenscheinlich finden sich in dieser Beziehung in der Epithelauskleidung der männlichen Harnröhre beträchtliche individuelle Schwankungen. Von dem beschriebenen Zylinderepithel werden immer die Pars membranacea und cavernosa ausgekleidet. Nach hinten zu kann sich das Epithel über einen größeren oder kleineren Abschnitt der Pars prostatica erstrecken bis über den Colliculus seminalis hinaus, der aber selbst wohl immer von Übergangsepithel überzogen ist. Nach vorn zu reicht das Zylinderepithel bis in den Anfang der Fossa navicularis, deren größter Teil jedoch,

ebenso wie das Orificium externum urethrae von geschichtetem Plattenepithel ausgekleidet ist, welches an der äußeren Harnröhrenmündung in die Epidermis der Eichel übergeht.

Die Tunica propria ist in der Harnröhrenschleimhaut überall gut entwickelt. Sie besteht aus fibrillärem Bindegewebe und bildet überall in das Epithel vorspringende Papillen, die aber in den hinteren Abschnitten der Urethra sehr spärlich sind und erst in der Fossa navicularis zahlreicher werden.

Die Propria geht ohne scharfe Grenze in die Submukosa über, die zahlreiche Blutgefäße enthält.

In der Propria sowohl als auch in der Submukosa der Pars cavernosa, seltener der Pars membranacea, finden sich zahlreiche Drüsen, die unter dem Namen der Glandulae urethrales oder Littreschen Drüsen bekannt sind. Es sind dies alveolär-tubulöse Drüsen, welche, nach Herzog und Lichtenberg, in subepitheliale und submuköse Drüsen unterschieden werden können. Die ersteren bestehen aus einer, seltener aus mehreren in der Tunica propria liegenden und gemeinsam in das Lumen der Harnröhre mündenden Alveolen. Sie sind ausgekleidet mit zylindrischen, stark gekörnten Zellen. Der Kern liegt nahe der Zellbasis. Die submukösen Drüsen dagegen ragen bis in das Gewebe des Corpus cavernosum urethrae hinein. Sie treten erst jenseits der Einmündungsstelle der Cowperschen Drüsen auf. Ihre Ausführungsgänge durchsetzen die Schleimhaut schräg von hinten nach vorn und sind ausgekleidet mit hellen Zylinderzellen. Die Drüsen sind verzweigt alveotubulär. Ihr Epithel besteht aus stark gekörnten Zylinderzellen mit basal gelegenem Kern.

Als Lacunae urethrales, Morgagnische Lakunen, bezeichnet man seichte Einsenkungen der Harnröhrenschleimhaut, die mit Drüsen nichts zu tun haben. Sie sind mit Harnröhrenepithel ausgekleidet. In ihrer Tiefe können sich die oben beschriebenen Drüsen öffnen.

Eine eigene Muskulatur, bestehend aus glatten Muskelzellen, können wir an der Harnröhre nur in der Pars prostatica, der Pars membranacea und dem hinteren Drittel der Pars cavernosa unterscheiden. Sie ordnet sich in einer inneren Längs- und einer äußeren Ringmuskulatur an, von denen die erstere im allgemeinen stärker ist als die letztere.

Die Blutgefäße der Harnröhre sind sehr reich entwickelt, sie werden im Zusammenhang mit denen des Penis abgehandelt werden.

Die Nerven bilden Geflechte und enden teils frei im Epithel, teils in besonderen Endkörperchen (siehe Nervenendigungen).

Die Harnröhre des Weibes.

Die Epithelverhältnisse sind in der weiblichen Harnröhre viel einfacher als in der männlichen. Auch hier schlägt sich das Blasen-

epithel auf den Anfangsteil der Harnröhre über, macht aber schon sehr bald einem geschichteten Plattenepithel Platz, das dann die Harnröhre bis zum Orificium externum auskleidet.

Die Tunica propria und die Submukosa gehen auch hier ohne scharfe Grenze ineinander über, sie enthalten mächtige, längsmaschige, venöse Plexus, die man in ihrer Gesamtheit auch als Corpus spongiosum bezeichnet hat. Die Propria bildet starke, längsverlaufende Leisten, so daß die Schleimhaut in Form von Längsfalten ins Lumen der Harnröhre vorspringt.

Auch die weibliche Harnröhre enthält Drüsen in Form kurzer, bauchiger Einstülpungen der Schleimhaut. Sie erinnern in ihrem Bau an die Talgdrüsen und produzieren nach R. Virchow ein Sekret, das dem der Prostata ähnlich ist.

Die Muskulatur ist auch in der weiblichen Harnröhre in zwei Schichten angeordnet. Auf eine innere Längsmuskelschicht, deren Zellen bis zwischen die Venen des Corpus spongiosum eindringen, folgt eine äußere, ungefähr gleich stark entwickelte Ringmuskelschicht. Noch weiter nach außen trifft man dann auf zerstreute Züge quergestreifter Muskelfasern, die ringförmig angeordnet sind und dem M. transversus perinei profundus angehören.

V. Das Fortpflanzungssystem.

Das Fortpflanzungssystem dient der Erhaltung der Art. Seine Aufgabe ist zunächst die Geschlechtselemente, Ei und Samenfaden, welche den Wert von Zellen haben, zu erzeugen, dann die Vereinigung derselben durch die Begattung in die Wege zu leiten und schließlich die Entwicklung des neuen Individuums innerhalb der weiblichen Organe zu ermöglichen.

Da der Bau dieser Organe beim männlichen Geschlecht sich anders gestaltet als beim weiblichen Geschlecht, müssen beide gesondert behandelt werden.

1. Die männlichen Geschlechtsorgane.

Die männlichen Geschlechtsorgane bestehen:

a) aus der den Samen bereitenden Drüse, dem Hoden,

b) aus den den Samen abführenden Wegen: Nebenhoden, Samenleiter mit Ampulle und Ausspritzgang,

c) aus dem Begattungsorgane, der Rute, und

d) aus den akzessorischen Drüsen: Samenblasen, Vorsteherdrüse, Cowperschen Drüsen und Littreschen Drüsen (siehe S. 282).

a) Der Hode.

Der Hode, Testis, stammt in seinem wichtigsten Teil von dem die Leibeshöhle auskleidenden Epithel ab, das sich auf der medialen und lateralen Fläche der Urnieren zu dem Keimepithel ausbildet. Von ihm aus entsteht der Hode durch Einstülpung nach Art einer verzweigt tubulösen Drüse. Mit ihr treten dann Kanälchen in Verbindung, die von der Urniere in die Hodenanlage hineinwachsen, sie dienen aber nicht mehr der Samenbereitung selbst, sondern nur der Abführung des Samens innerhalb des Hoden.

Der Hode liegt ursprünglich innerhalb der Bauchhöhle, steigt aber schon vom dritten Embryonalmonat ab durch das Becken herab und kommt gegen das Ende der Schwangerschaft in eine bruchsackartige

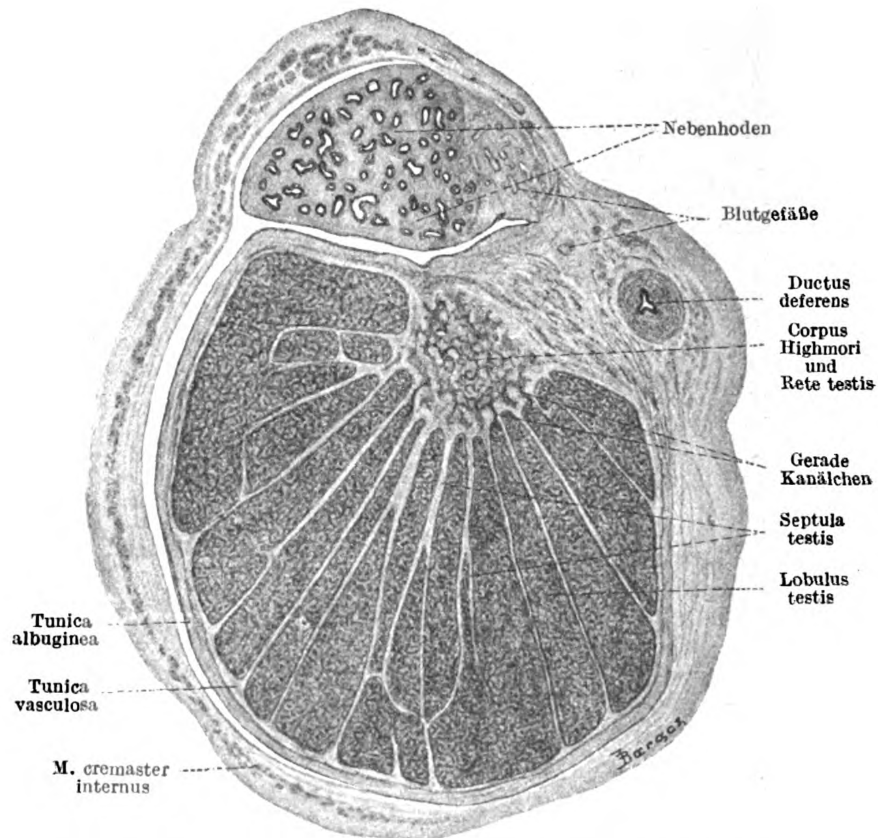


Fig. 240. **Querschnitt durch den Hoden eines $2^1/_2$ jährigen Knaben.** 7mal vergrößert.

Ausstülpung der Bauchhöhle zu liegen, welche man als Hodensack bezeichnet. Letzterer umschließt außer dem Hoden auch noch den Nebenhoden und den Anfang des Ductus deferens. Äußerlich wird der Hodensack bekleidet von der dünnen, an Schweiß- und Talgdrüsen reichen äußeren Haut, an die sich nach innen das hier mit starken glatten Muskeln durchsetzte subkutane Gewebe anschließt.

Man bezeichnet es als Tunica dartos. Nun kommt weiter die dünne bindegewebige Fascia cremasterica oder Cowpersche Faszie und der aus quergestreiften Fasern bestehende M. cremaster. Die nun folgende Tunica vaginalis communis kleidet den gesamten Hodensack als derbe, an elastischen Fasern reiche, bindegewebige Haut aus. Auf ihrer Innenfläche findet sich eine Lage glatter Muskelzellen, die man auch als M. cremaster internus bezeichnet. Was nun noch von Hüllen nach innen zu folgt, ist das von dem Hoden aus der Bauchhöhle ausgestülpte Peritoneum, die Tunica vaginalis propria. Sie bildet, wie alle serösen Häute, auch hier ein viszerales, den Hoden überziehendes und ein parietales, die Höhle auskleidendes Blatt, welche beide ineinander übergehen. Von außen nach innen treffen

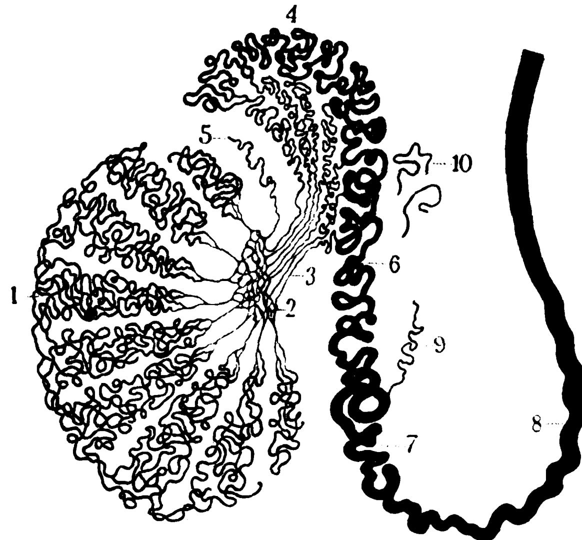


Fig. 241. Schema des Verlaufs der Kanälchen in Hoden und Nebenhoden.

1. Tubuli contorti, 2. Rete testis 3. Ductuli efferentes, 4. und 6. Ductus epididymidis, 5. und 9. Ductuli aberrantes, 7. und 8. Ductus deferens. 10. Paradidymis.

wir natürlich zuerst auf das letztere, die Lamina parietalis tunicae vaginalis propriae. Sie besteht aus einer dünnen Bindegewebslage, die nach innen von einem einschichtigen platten Epithel bedeckt ist, dessen Zellen nicht selten Pigment enthalten. Die Lamina visceralis tunicae vaginalis propriae zeigt genau denselben Bau. Sie wird von der vorigen durch einen minimalen, einen Teil der Bauchhöhle darstellenden Spaltraum, das Cavum vaginale, getrennt (Fig. 240).

Das ganze Organ ist von einer etwa 0,5 mm dicken, aus derbem Bindegewebe bestehenden Kapsel, der Tunica albuginea, umgeben. Sie ist mit der Lamina visceralis tunicae vaginalis propriae untrennbar verschmolzen. Nach innen grenzt die Tunica albuginea an eine Schicht lockeren Bindegewebes, welche ihres Blutreichtums wegen Tunica

vasculosa genannt wird. Sie stößt unmittelbar an das Parenchym des Hoden. An der hinteren oberen Seite des Hoden entwickelt die Albuginea einen dicken, in das Innere des Hoden vorspringenden Wulst, das sog. Mediastinum testis s. Corpus Highmori. Es ist eine Ansammlung von derberem Bindegewebe und entsendet in das Innere des Organs in divergierender Richtung bindegewebige Septen (Septula testis), welche durch den Hoden hindurch bis zu der Tunica vasculosa ziehen und das Hodenparenchym in einzelne Läppchen (Lobuli testis) trennen (Fig. 240).

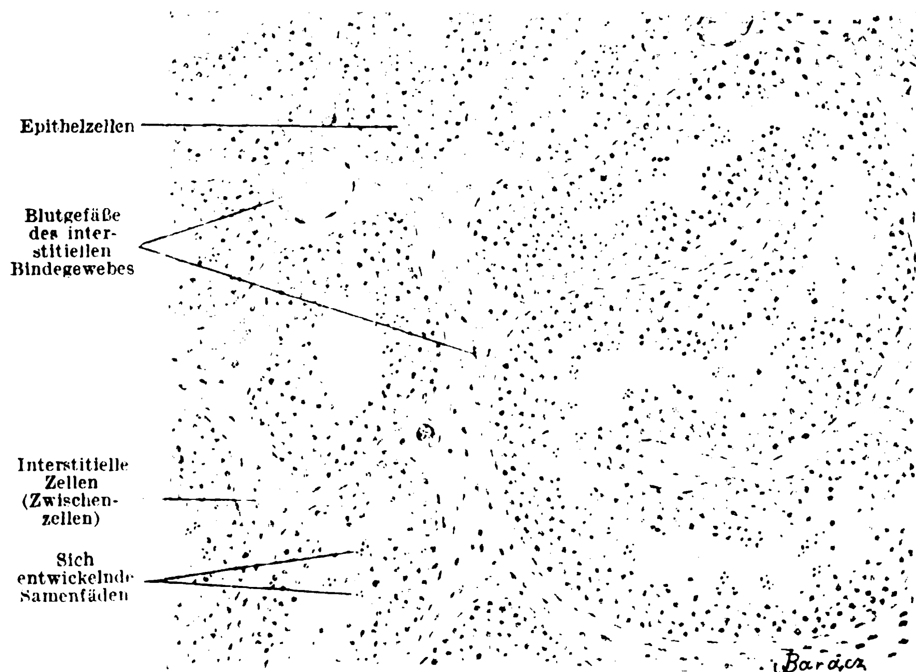


Fig. 242. Aus dem Querschnitte eines menschlichen Hoden. Ca. 125mal vergrößert.

Jedes der etwa 300 Hodenläppchen hat die Form einer Pyramide, deren Basis außen der Albuginea anliegt, deren Spitze sich gegen das Mediastinum wendet, und setzt sich aus den Hodenkanälchen, den Tubuli seminiferi, zusammen. An jedem Kanälchen können wir innerhalb des Läppchens einen samenbereitenden und einen samenabführenden Abschnitt unterscheiden. Der erstere liegt im peripheren Abschnitt des Läppchens und wird wegen der zahllosen Windungen, in die er sich legt, als Tubulus contortus bezeichnet. Nach der Mitte des Läppchens zu vereinigen sich immer mehr Kanälchen unter spitzen Winkeln miteinander, der Verlauf der Kanälchen wird mehr gestreckt, der Tubulus contortus geht in den Tubulus rectus

über und damit auch der samenbereitende Abschnitt in den samenabführenden. Indem sich auch noch die Tubuli recti miteinander vereinigen, tritt schließlich aus der Spitze eines jeden Läppchens ein gerades Kanälchen aus und in das Mediastinum ein. Hier verbinden sich sämtliche Kanälchen zu einem Netzwerk, dem Rete testis (Fig. 241 und 242).

Die Tubuli contorti (Fig. 242 und Taf. LII, Fig. 243) stellen beim erwachsenen geschlechtsreifen Manne sehr lange, 140—250 μ dicke Röhrchen dar. Sie endigen nur zum geringsten Teil blind, die meisten kommunizieren an der Peripherie des Hoden schlingenförmig mit ihren Nachbarn (Fig. 241). Jedes Kanälchen wird außen umgeben von einer Membrana propria, welche aus lamellenförmig angeordneten Bindegewebsbündeln mit sehr feinen elastischen Fasernetzen besteht. Ihr liegt nach innen das geschichtete Epithel an, in dem wir zwei Arten von Zellen unterscheiden können: 1. Sertolische Zellen (Fußzellen) und 2. Samenzellen. Erstere sind lange zylindrische Zellen, welche durch die ganze Dicke des Epithels hindurchgehen, mit ihrer verbreiterten Basis der Membrana propria anliegen und gegen das Innere des Kanälchens einen Ausläufer entsenden. Sie liegen in ungefähr gleichen Abständen, besitzen große, helle, chromatinarme, mehr oder weniger abgeplattete, im Querschnitt oft dreieckige Kerne. Außerdem enthalten diese Zellen fadenförmige Mitochondrien und sehr kleine, von Spangaro beschriebene Kristalloide. Die Samenzellen sind es allein, welche das Sekret des Hoden, die Samenfäden (Spermien) liefern, und zwar entstehen die letzteren durch Umbildung aus diesen Zellen. Im Ruhestadium erscheinen diese Samenzellen als rundliche, in mehrere Schichten gelagerte Zellen. Im Zustande der Tätigkeit, d. i. während der Samenbildung (Spermiogenese) beim geschlechtsreifen Manne machen sie komplizierte Differenzierungs- und Umwandlungsprozesse durch, welche in einem besonderen Kapitel nähere Besprechung finden werden.

Die Tubuli recti verlaufen geradlinig, sind relativ kurz und von geringerem Durchmesser (von 20—25 μ) als die Tubuli contorti. Auf der Membrana propria sitzt hier nach innen ein einschichtiges Zylinderepithel, dessen Zellen den Sertolischen Zellen der gewundenen Kanälchen homolog sind und ihre direkte Fortsetzung bilden. Beim Übergang in das Rete testis verlieren die Kanälchen ihre Membrana propria und ihr Epithel sitzt in Form einschichtiger, niedriger, kubischer Zellen direkt dem Bindegewebe des Mediastinums auf. Die Kanälchen zeigen hier eine ungleiche Dicke.

Zwischen den Hodenkanälchen liegt innerhalb der Läppchen lockeres Bindegewebe, das von den Septen her in die Läppchen vordringt. In diesem interstitiellen Bindegewebe treten neben den gewöhnlichen platten Bindegewebszellen noch Zellen auf, die in Form

von Nestern oder Strängen zusammenliegen und als interstitielle oder Hodenzwischenzellen bezeichnet werden (Fig. 242 u. Taf. LII, Fig. 243). Über ihre Herkunft sind die Ansichten verschieden. Koelliker, Leydig, Waldeyer, Plato, Friedmann sehen in ihnen umgewandelte Fibroblasten, Hofmeister, v. Mihalkovics, Nusbaum dagegen Abkömmlinge des Keimepithels und Regaud läßt sie durch Umwandlung aus Leukozyten entstehen. Beim Menschen treten die interstitiellen Zellen nur verhältnismäßig spärlich auf. Es sind das ziemlich große, rundliche oder polygonale Zellen mit deutlichen Zellgrenzen und einem großen, runden, exzentrisch gelegenen Kern. Manchmal liegen in einer Zelle mehrere Kerne und in der Regel gehören zwei stäbchenförmige Zentralkörperchen zu je einem Kerne. Das Protoplasma zeigt Netzstruktur und enthält verschiedene Einschlüsse, wie Fetttröpfchen von verschiedener Größe, kleine und große von Reinke beschriebene, aus einer eiweißartigen Substanz bestehende Kristalloide und Mitochondrien in Gestalt feiner Fäden und Körnchen (v. Winiwarter). Von den Reinkeschen Kristalloiden muß man die in den Hodenepithelien sich findenden Lubarschschen Kristalloide, sowie die von Spangaro in den Sertolischen Zellen beschriebenen wohl unterscheiden. In ihrem Bau besitzen die Zwischenzellen eine gewisse Ähnlichkeit mit sezernierenden Drüsenzellen. Von vielen Seiten ist diesen Zellen eine trophische Bedeutung zugeschrieben worden. Plato beobachtete das Übertreten von Fetttröpfchen aus den Zellen durch die Membrana propria hindurch in die Sertolischen Zellen. Sie sollen das für die reifenden Samenfäden nötige Fett resorbieren, aufspeichern und zur gelegenen Zeit abgeben. Regaud weist ebenfalls das Übergehen gewisser Substanzen aus den interstitiellen Zellen in die Sertolischen Zellen nach. Reinke dagegen beschrieb das Übertreten der von ihm geschilderten Kristalloide in die Lymphkapillaren und schreibt obigen Zellen die Produktion eines inneren Sekrets von großer Bedeutung zu. Regaud, Policard, Bouin, Tandler, Groß, Steinach u. a. betrachten die Hodenzwischenzellen als eine selbständige Drüse mit innerer Sekretion, deren Inkret in den Blutkreislauf gelangt und einen bedeutenden Einfluß auf die Ausgestaltung der sekundären männlichen Geschlechtscharaktere ausübt. Dagegen lehnen die Untersuchungen der letzten Jahre diese Anschauung ab und kehren zu der früheren Ansicht einer rein ernährenden Funktion der interstitiellen Zellen zurück (Stieve, Frankenberger).

Die Blutgefäße des Hoden stammen aus der A. spermatica interna. Ihre Äste dringen vom Mediastinum aus in die innerste Lage der Albuginea ein, gelangen von hier und vom Mediastinum selbst aus in die Septula und umspinnen dann die Hodenkanälchen mit einem weitmaschigen Kapillarplexus. Die aus letzterem entstehenden Venen zeigen den gleichen Verlauf wie die Arterien.

Die Lymphgefäße bilden ebenfalls dichte Netze um die Kanälchen, dringen dann entweder direkt ins Mediastinum oder in die tieferen Schichten der Albuginea. Erstere sammeln sich zu mehreren, im Samenstrang verlaufenden Stämmchen, letztere dagegen durchbohren die Albuginea und vereinigen sich zu Sammelgefäßen, die zum Nebenhoden hin verlaufen.

Die Nerven verhalten sich ähnlich wie die Gefäße. Sie bilden in den tieferen Schichten der Albuginea einen weiten Plexus, dringen in die Septula ein und umflechten von hier aus die Hodenkanälchen. Nach Sclavunos und Falcone dringen sie auch bis zwischen die Epithelzellen vor, Timofeew dagegen bestreitet das Vorkommen solcher intraepithelialer Fasern. Cilimbaris hat zwischen den Hodenkanälchen multipolare Nervenzellen nachgewiesen.

Der Samen.

Das von dem Hoden gelieferte Sekretionsprodukt stellt die Samenfäden dar, welche zusammen mit dem von den samenabführenden Wegen geliefertem Sekret den Samen (Sperma) bilden. Es ist das eine dicke, fadenziehende, klebrige, weißliche oder gelbliche Flüssigkeit, die 96,8 ‰ feste Bestandteile enthält. Davon sind 87,8 ‰ organischer und 9 ‰ anorganischer Natur. Die ersteren sind im wesentlichen Proteine, und zwar hauptsächlich Nukleoproteid, daneben Muzin, Albumin und Albumosen. Beim langsamen Eintrocknen des Samens bilden sich in ihm Kristalle, die Böttcherschen Spermakristalle, welche in kaltem Wasser nur schwer löslich sind und wahrscheinlich eine Verbindung von Phosphorsäure mit einer Base, dem von Schreiner entdeckten Spermin, darstellen.



Fig. 244. Samenfäden des Menschen. (Nach Retzius).
Links von der Fläche, rechts von der Kante gesehen. Starke Vergrößerung (ca. 1200 mal).

Als morphologische Elemente enthält der Samen neben geringen Mengen Leukozyten, kugeligen Konkretionen der Prostata und Epithelzellen, welche aus den samenabführenden Wegen stammen, die Samenfäden oder Spermien, und zwar beim Menschen in einem Kubikmillimeter ungefähr 60.000. Die frisch ejakulierten Samenfäden zeigen eine lebhafte, eigentümlich schlängelnde Bewegung, wobei der Faden fortwährend um seine Längsachse rotiert. Sie erreichen

dabei nach Adolphi eine Geschwindigkeit von 14—23 μ pro Sekunde und sollen, um vom äußeren Muttermund bis zum Tubentrichter zu gelangen, etwa drei Stunden brauchen. Gegen äußere Einwirkungen (z. B. niedrige Temperaturen) sind sie sehr widerstandsfähig und ihre Vitalität erhält sich lange. Geringer Alkaligehalt begünstigt die Beweglichkeit, saure Reaktion des Mediums schädigt sie.

Beim Menschen besitzen die im Hoden neugebildeten Spermien zunächst eine nur beschränkte Beweglichkeit. Sie dürften erst nach 24—48 Stunden ihre volle Reife und Beweglichkeit erlangen. Findet während mehrerer Tage keine Ejakulation statt, so verlieren sie an Beweglichkeit und sterben allmählich ab. Nach einer Ejakulation tritt im Hoden eine lebhafte Neubildung von Samenfäden und Auswanderung in den Nebenhoden ein. Nach rasch nacheinander folgenden Ejakulationen können zuletzt die Spermien vollkommen in der Samenflüssigkeit fehlen (Lode, Broesike).

Die Samenfäden des Menschen besitzen nach W. Krause eine Länge von 52—62 μ und lassen drei Hauptteile erkennen: Kopf, Verbindungsstück und Schwanz (Fig. 244).

Der Kopf zeigt eine Länge von 4—5 und eine Breite von 2—3 μ. Er hat die Form einer hinten dickeren und etwas breiteren, vorn dünneren und etwas schmäleren Scheibe. Wir können an ihm ein Vorderstück, Pars anterior, und ein Hinterstück, Pars posterior, unterscheiden, die durch eine nach vorn schwach konvexe Linie getrennt werden. Das Vorderstück nimmt die vorderen zwei Drittel, das Hinterstück das hintere Drittel des Kopfes ein; das erstere färbt sich mit basischen Farben immer etwas schwächer als das letztere. Quer über den Kopf verlaufen drei mehr oder weniger durch Färbung deutlich darstellbare Bänder, von denen die beiden vorderen dem Vorderstück, das hintere dem Hinterstück angehört (Taf. LIII, Fig. 245 g und h). Bei den meisten Wirbeltieren sitzt dem Kopf eine verschieden gestaltete Spitze auf, die als Perforatorium (Waldeyer) bezeichnet wird. Beim Menschen fehlt sie, hier wirkt die scharfe Vorderkante des Kopfes als Perforatorium.

Der Kopf besteht aus Chromatin, er färbt sich mit basischen Farbstoffen. Die Färbungsdifferenzen, die der Kopf zeigt, werden von Ries so erklärt, daß der Kopf nur einen Chromatinüberzug besitzt. Dieser Überzug soll sich ausdehnen und zurückziehen können infolge einer amöboiden Beweglichkeit.

Das Verbindungsstück ist ungefähr ebenso lang wie der Kopf, aber wesentlich dünner (1 μ) und stellt einen Zylinder mit ovalem Querschnitt dar. Sein vorderster, sich aber beim Menschen nicht vom übrigen Verbindungsstück absetzender Abschnitt wird als Hals bezeichnet. Er setzt sich zusammen aus dem proximalen, in das

hintere Ende des Kopfes eingelassenen Zentralkörperchen (vorderes Endknöpfchen von Meves) und einer homogenen Zwischenmasse, welche jenes mit dem im Anfang des eigentlichen Verbindungsstückes gelegenen vorderen Teil des distalen Zentralkörperchens (hinteres Endknöpfchen von Meves) verbindet.

Das Verbindungsstück enthält in seinem Innern den Achsenfaden, der eine fibrilläre Struktur besitzt und sich kontinuierlich vom vorderen Teil des distalen Zentralkörperchens durch das Verbindungsstück hindurch in den Schwanz fortsetzt (Taf. LIII, Fig. 245 h). Der Achsenfaden wird im Bereiche des Verbindungsstückes von einer sehr dünnen Hülle umgeben, auf welche nach außen der Spiralfaden folgt. Es ist dies ein kontraktiler Faden; am vorderen Teil des distalen Zentralkörpers beginnend, umkreist er in engen Spiralwindungen den Achsenfaden und geht am hinteren Ende des Verbindungsstückes in eine durchlöcherte Scheibe, die sog. Schlußscheibe (Ss) über, welche den hinteren Teil des distalen Zentralkörpers darstellt. Der Spiralfaden ist eingelagert in eine homogene Zwischensubstanz und umhüllt von einer äußeren protoplasmatischen Hülle, die auch noch den Hals überzieht, gegen die Mitte eine Auftreibung zeigt und am hinteren Ende des Kopfes festhaftet.

Der Schwanz besitzt nach W. Krause eine Länge von 41—52 μ, seine Dicke beträgt am Vorderende 1 μ und nimmt nach hinten allmählich ab. Er besteht aus dem Achsenfaden und der ihn umgebenden Hülle, einer verdickten Fortsetzung der inneren Hülle des Verbindungsstückes. Das letzte Ende des Schwanzes ist hüllenlos und endet kurz zugespitzt. Man stellt diesen kurzen hüllenlosen Endteil als Pars terminalis oder Endstück dem übrigen hüllentragenden Teil als Pars principalis oder Hauptstück zur Seite.

Die Spermiogenese.

Wir wollen nun in den folgenden Zeilen kurz schildern, wie sich die eben beschriebenen Samenfäden aus den Hodenzellen entwickeln. Die Spermiogenese beginnt beim Menschen mit dem Eintritt der Pubertät.

Vor der Pubertät können wir im Hodenkanälchen zwei Sorten von Zellen unterscheiden, die schon früher beschriebenen Sertolischen Zellen oder Fußzellen und zwischen ihnen in mehreren Schichten die Ursamenzellen oder Stammzellen.

Die Ursamenzellen (Taf. LII, Fig. 243) sind ziemlich große, mehr oder weniger kugelige oder durch gegenseitigen Druck abgeplattete Zellen, welche in ihrem Protoplasma unregelmäßig zerstreute Mitochondrien enthalten. Der runde Kern besitzt ein deutliches Kernkörperchen und sehr fein verteiltes Chromatin. Neben dem Kern liegen zwei

Zentralkörper, von einem oft voluminösen Gebilde umgeben, das sich aus zwei Teilen, dem eigentlichen Idiozom (Meves) und dem es umhüllenden inneren Golgischen Netzapparat zusammensetzt.

Aus diesen Ursamenzellen bilden sich nun beim Beginn der Pubertät die Samenfäden, und zwar so, daß durch mitotische Teilung aus ihnen zunächst etwas kleinere Zellen entstehen, die in einfacher Schicht zwischen den Fußzellen der Membrana propria anliegen und als Spermiogonien bezeichnet werden. Auch sie vermehren sich in rascher Folge, dabei immer neue Individuen gleicher Art bildend.

Ist dieses Stadium der Vermehrung zu einem gewissen Abschluß gelangt, so folgt die Periode des Wachstums. Die Spermiogonien nehmen an Umfang zu, rücken von der Membrana propria ab in die zweite Zellreihe und heißen nun Spermiozyten I. Ordnung.

Jetzt beginnen am Kerne dieser Zellen mitotische Veränderungen aufzutreten. Die Spermiozyten I. Ordnung treten in die Teilungsperiode ein, und zwar machen sie eine zweimalige Teilung (Reifeteilungen) durch. (Der Reifungsprozeß ist ausführlicher im Kapitel: Befruchtungsprozeß geschildert.) Durch die erste Teilung entstehen aus den Spermiozyten I. Ordnung die Spermiozyten II. Ordnung und die zweite Teilung liefert aus den letzteren die Spermiden. Zwischen beide Teilungen schiebt sich ein kurzes Ruhestadium (v. Ebner, Meves. v. Lenhossék, Moore, Rawitz).

Durch die erste Reifeteilung ist die Kernsubstanz der Mutterzelle wie gewöhnlich halbiert worden, die zweite Reifeteilung (Reduktionsteilung) bewirkt eine abermalige Verteilung der Chromosomen in zwei gleiche Gruppen, ohne daß dabei die Chromosomen der Länge nach gespalten werden. Während der zweiten Reifeteilung findet keine Vermehrung der Kernsubstanz und keine Zunahme der Chromosomenzahl durch Längsspaltung statt und darin liegt das Charakteristische dieser Teilung. So beträgt also bei Beendigung des Reifeprozesses sowohl die Zahl der Chromosomen als auch die Chromatinmasse die Hälfte der für jede Tochterzelle typischen Zahl und Masse, sie ist demnach auf die Hälfte reduziert worden. Es enthalten demgemäß die durch Reduktionsteilung entstandenen Spermiden nur die Hälfte der für die somatischen Zellen der betreffenden Tiergattung typischen Chromosomenzahl.

Die Spermiden sind ziemlich kleine Zellen, welche in mehrfacher Schicht das Lumen des Hodenkanälchens auskleiden. Sie bestehen aus dem Kern, dem Zentralkörperchen mit dem Idiozom (Sphäre samt dem inneren Netzapparat) und dem Zytoplasma mit den Mitochondrien und wandeln sich allmählich in die Samenfäden um (Umwandlungsperiode). Das Chromatin des Kerns liefert den Kopf, das Zentralkörperchen — Hals und Verbindungsstück, das Zyto-

plasma — den Achsenfaden und die Hüllen und die Mitochondrien — die Spiralbildungen. Das Idiozom, von dem sich in dieser Periode der innere Netzapparat als gesondertes Gebilde trennt, soll an die Spitze des Spermienkopfes rücken und dort das Perforatorium bilden, der Netzapparat dagegen soll in die Plasmahülle des Verbindungsstückes in Form von Fäden und Granula zu liegen kommen (Weigl), oder nach der Meinung anderer Autoren in jenen Plasmateil gelangen, der abgestoßen wird.

Bevor wir auf diese Umwandlungsprozesse des näheren eingehen, müssen wir noch einer eigenartigen Beteiligung der Sertolischen Zellen gedenken. Diese Zellen verlängern sich nämlich allmählich und treiben in das Lumen hinein lappige Fortsätze, zwischen welche sich die Spermiden büschelweise einbetten. Es macht nun die Spermide in diesen Protoplasmanischen der Fußzelle ihre ganze weitere Umwandlung durch und wird erst als nahezu fertiger Samenfaden in das Kanallumen ausgestoßen. Wir müssen in dieser Kopulation (Benda) der Spermiden mit den Fußzellen einen Vorgang sehen, der eine leichtere Zufuhr von Nährmaterial zu dem sich entwickelnden Samenfaden schafft (Taf. LII, Fig. 243).

Für die folgende Darstellung der Umwandlung der Spermiden wollen wir uns in erster Linie auf die trefflichen Untersuchungen von Meves stützen, bemerken aber dabei, daß die Ansichten der verschiedenen Forscher in vielen Punkten nicht unwesentliche Abweichungen von den hier vorgetragenen zeigen. Beschäftigen wir uns zunächst mit dem Kern, so demonstrieren uns die Figuren der Taf. LIII, wie das Chromatingerüst des Spermidenkernes sich allmählich immer mehr verdichtet, so daß schließlich der Samenfadenkopf ein nahezu homogenes Gebilde darstellt. Dabei rückt der Kern aus seiner ursprünglich zentralen Lage immer mehr nach der Peripherie und wird dabei immer länglicher, bis er die definitive Form des Samenfadenkopfes erreicht hat.

Schon in einer früheren Phase der Umwandlung weisen die Spermiden zwei Zentralkörper auf, welche eine ganz oberflächliche Lage einnehmen. Der eine liegt dicht an der Zelloberfläche, distales Zentralkörperchen, der andere etwas näher zum Kern hin, proximales Zentralkörperchen. Aus dem distalen Zentralkörperchen wächst ein feines Fädchen hervor. Es nimmt bald an Länge zu, durchbricht die Zellperipherie und stellt die erste Anlage des Schwanzfadens dar.

Nachdem sich das proximale Zentralkörperchen in ein Stäbchen umgewandelt hat, beginnen beide Zentralkörperchen nach dem Kern hin zu wandern. Das proximale lagert sich dem letzteren dicht an und geht eine innige Verbindung mit ihm ein. Das distale Zentralkörperchen, das bei seiner Wanderung immer in fester Verbindung mit dem mächtig auswachsenden Schwanzfaden bleibt, wird zunächst

konisch und zerfällt dann in zwei Stücke, ein proximales Köpfchen und einen distalen Ring. Beide trennen sich dadurch, daß der den Schwanzfaden umgreifende Ring distalwärts wandert, bis er wieder an der Zellperipherie angelangt ist und hier die Schlußscheibe des Verbindungsstückes bildet. Die Spiralhülle, die den Achsenfaden im Bereich des Verbindungsstückes umzieht, bildet sich, wie v. Brunn nachgewiesen hat, durch Aneinanderlagerung glänzender Zytoplasmakörner, welche mit den von Benda entdeckten Mitochondrien identisch sind.

Die Hülle, welche den Achsenfaden am Hauptstück des Schwanzes und, wenn auch wesentlich dünner, am Verbindungsstück umgibt, stellt wahrscheinlich ein Ausscheidungsprodukt des Achsenfadens dar.

Auf diese Weise erhält der Samenfaden sämtliche Bestandteile der Zelle mit und ist also eine selbständige, bloß der Form nach veränderte Zelle.

Aus dem Kernchromatin entsteht der Samenfadenkopf, das Verbindungsstück enthält die Zentralkörperchen, das Zytoplasma liefert den Achsenfaden und die Hüllen, die Mitochondrien endlich die Spiralhülle.

Beim Menschen sowie den domestizierten Tieren findet die Spermienbildung ohne Unterbrechung vom Eintritt der Pubertät an statt. Hier bemerkt man in der Anordnung der die verschiedenen Stadien der Spermiogenese zeigenden Zellen innerhalb der Samenkanälchen eine gewisse Regelmäßigkeit. Es ist nämlich bei mehreren Tiergattungen erwiesen worden, daß „die zeitlich aufeinander folgenden Entwicklungsstadien der Samenzellen in einer kontinuierlichen Reihe räumlich nebeneinander im Längslaufe eines Samenkanälchens zu finden sind" (v. Ebner). Der Vorgang der Spermiogenese, welcher aus einer ganzen Reihe von Entwicklungsphasen besteht, ist nach Art von Wellen über die Längsausdehnung des Samenkanälchens ausgebreitet. Solche Wellen wiederholen sich in bestimmten Abständen (v. Ebner).

Bei wild lebenden Tieren ist dagegen die Bildung des Samens auf gewisse Zeiträume, die sog. Brunstperioden, beschränkt, während welcher alle Teile der gewundenen Samenkanälchen die gleiche Entwicklungsphase der Samenfäden aufweisen. In der Zwischenzeit (Ruheperiode) findet keine Bildung von Spermien statt und in den Samenkanälchen finden wir nur Spermiogonien und Sertolische Zellen.

b) Die ableitenden Samenwege.

Aus dem Rete testis entwickeln sich 9 bis 15 anfangs gerade und gestreckt verlaufende Kanälchen, die Ductuli efferentes testis (Fig. 241). Sehr bald jedoch beginnt ein jedes Kanälchen sich in

immer zahlreichere Windungen zu legen und es entstehen so 9 bis 15 kleine Pyramiden, durch bindegewebige Septen getrennt und durch eine starke bindegewebige Albuginea zum Kopfe des Nebenhoden vereinigt. Jeder Ductulus efferens testis bildet mit seinen vielfachen



Fig. 246. Querschnitt durch die Ductuli efferentes testis des Menschen. Im Innern der Gänge sind Haufen von Samenfäden zu sehen.
Ca. 100mal vergrößert.

Windungen ein Läppchen des Nebenhoden, einen Lobulus epididymidis oder Conus vasculosus Halleri. Der aus dem obersten Läppchen austretende Ductulus wendet sich abwärts, nimmt nach und nach sämtliche Ductuli auf und wird so zum Ductus epididymidis. Er verläuft stark geschlängelt und vielfach gewunden

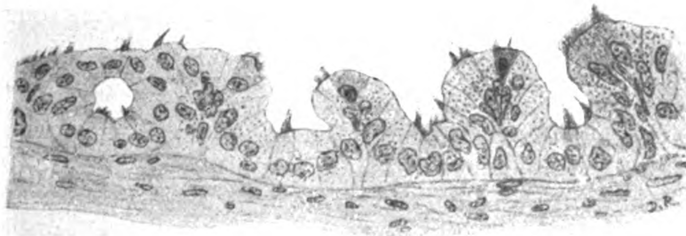


Fig. 247. Epithel eines Ductulus efferens testis des Menschen.
Ca. 360mal vergrößert.

an der Hinterfläche des Hoden herab und bildet dabei den Körper und den Schwanz des Nebenhoden.

Aus dem letzteren entwickelt sich dann der Ductus deferens, der aus dem Nebenhoden, scharf nach oben umbiegend an der hinteren

Hodenfläche mit den Gefäßen und Nerven zum Samenstrang, Funiculus spermaticus, vereinigt, in die Höhe steigt und durch den Leistenkanal hindurch in das Becken gelangt. Am Blasengrunde bildet er eine spindelige Erweiterung, die Ampulla ductus deferentis, und tritt als Ausspritzgang, Ductus ejaculatorius, aus ihr hervor. In den Ausspritzgang mündet die Samenblase, Vesicula seminalis, und schließlich öffnet er sich, nachdem er die Prostata durchsetzt hat, auf dem Colliculus seminalis in die Harnröhre.

Das Epithel, welches die Ductuli efferentes (Fig. 246 und 247) auskleidet, besitzt zahlreiche Einsenkungen, die aber die Membrana

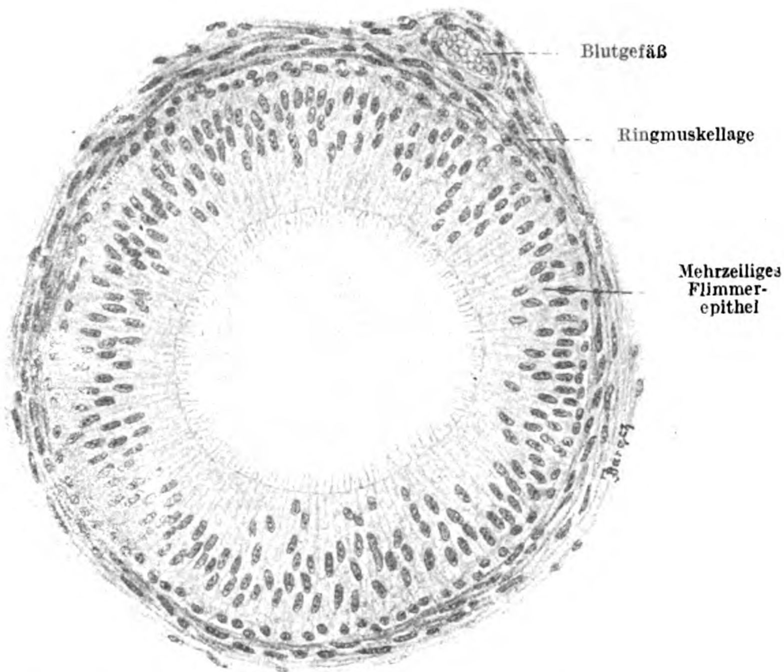


Fig. 248. Querschnitt des Ductus epididymidis des Menschen. Ca. 300mal vergrößert.

propria nicht nach außen vorbuchten. Im Grunde der Grübchen ist das Epithel kubisch, zwischen den Grübchen dagegen mehr oder weniger lang zylindrisch und trägt Büschel von Flimmerhaaren. Dieses Epithel zeigt lebhafte sekretorische Prozesse (Hermann, Hammar, Henry). Henry unterscheidet drei Zellarten, die wahrscheinlich ineinander übergehen können: zylindrische Zellen mit Flimmerhaaren, körnige Zellen und zylindrische Zellen ohne Flimmerhaare. Die Zellen der ersteren Art zeigen unter der die Flimmerhaare führenden Kutikula eine Reihe von Basalkörperchen und enthalten im Protoplasma Fettkugeln und Körner eines braunen oder gelben Pigments. Die Flimmer-

haare bewegen sich zum Ductus epididymidis hin und erleichtern die Fortbeförderung der an dieser Stelle noch unbeweglichen Samenfäden. In vielen Zellen erblickt man in der oberen *Hälfte*, oberhalb des Kerns, Sekretkörnchen, die in das Lumen des Kanälchens gelangen, sobald die Zellen ihre Kutikula mit den Flimmerhaaren verlieren. Nach Henrys Ansicht können diese Zellen später den Flimmerapparat wieder regenerieren.

Im Ductus epididymidis haben wir ein zweireihiges Flimmerepithel. Aus jeder Zelle steht ein Büschel langer Flimmerhaare heraus. Zwischen den basalen Enden der Zylinderzellen liegen konische Ersatzzellen, welche mit ihrem oberen zugespitzten Ende das Lumen nicht erreichen (Fig. 248). Der Name „Ersatzzellen" paßt nach Hermann und Zimmermann nicht auf diese Zellen, denn sie dienen keinesfalls zum Ersatz untergegangener Zylinderzellen. Die Flimmerhaare sind, wenigstens im fixierten Präparat, immer zu einem Büschel miteinander verklebt. Sie sollen intra vitam niemals flimmern zum Unterschied von den echten Flimmerzellen der Ductuli efferentes. Sie besitzen keine Basalkörperchen und unterscheiden sich auch dadurch von echten Flimmerzellen (Gurwitsch, Aigner). Ach schlägt deshalb vor, sie überhaupt nicht als Flimmerzellen, sondern als Haarzellen zu bezeichnen. Zwischen den Epithelzellen finden sich Buchten, Schläuche und völlig abgeschlossene Hohlräume, die aber nie die Membrana propria überschreiten.

Nach außen folgt auf das Epithel sowohl in den Ductuli efferentes als auch im Ductus epididymidis die Membrana propria, noch von einer Schicht zirkulär verlaufender glatter Muskelzellen und einer Bindegewebslage umgeben.

Der Ductus deferens (Fig. 249) besitzt eine in Längsfalten gelegte Schleimhaut. Ihr Epithel gleicht anfangs dem des Ductus epididymidis, verliert aber später die „Ersatzzellen" und Flimmern und wird damit zu einem einfachen Zylinderepithel. Die Submukosa enthält zahlreiche elastische Fasern. Weiter nach außen folgt eine mächtig entwickelte glatte Muskulatur, die über 1 mm dick ist und eine äußere und innere Längs-, sowie eine dazwischen gelegene Ringmuskelschicht unterscheiden läßt. Zu äußerst liegt die bindegewebige Faserhaut mit elastischen Fasern und längs verlaufenden Bündeln glatter Muskelzellen (M. cremaster internus).

Die Wandung der Ampulle unterscheidet sich von dem oberhalb gelegenen Teil des Ductus deferens dadurch, daß hier die Muskelhaut beträchtlich dünner ist und die Schleimhaut ein ausgedehntes System von Fältchen und Grübchen zeigt, welch letztere sich drüsenartig verästeln.

Die Samenblasen (Vesiculae seminales) müssen eigentlich rücksichtlich ihrer Funktion zu den akzessorischen Geschlechtsdrüsen

gezählt werden; da sie aber eine sackförmige Ausbuchtung der Ampulle bilden und der letzteren in ihrem Bau sehr nahe stehen, werden wir ihren Bau an dieser Stelle beschreiben.

Die Samenblasen sind keineswegs Spermareservoire (Receptacula seminis), wie früher angenommen wurde, sondern sie sind sezernierende Drüsen (Petersen, Kayser, Limon, Akutsu). Sie stellen längliche, mit vielen seitlichen Aussackungen versehene Hohlgebilde dar, welche auf ihrer ganzen Innenfläche mit einem sezernierenden Drüsenepithel ausgekleidet sind (Taf. LIV, Fig. 250).

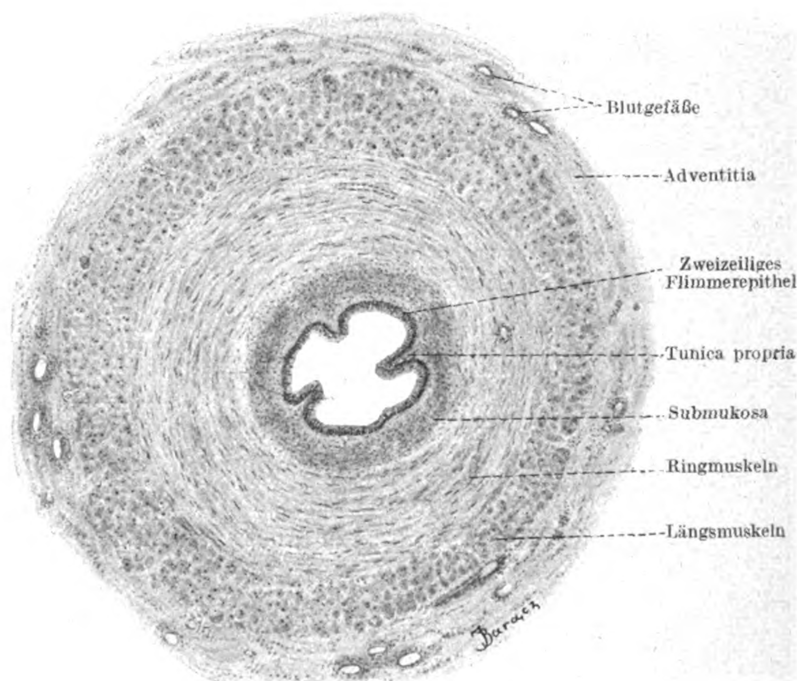


Fig. 249. Querschnitt durch den Samenleiter des Menschen.
37mal vergrößert.

In ihrer Wandung läßt sich von außen nach innen eine Faserhaut, eine Muskelhaut und eine Schleimhaut unterscheiden. Die Muskelhaut ist bedeutend dünner als im Ductus deferens. Die Schleimhaut legt sich in zahlreiche miteinander anastomosierende Falten, denen wieder sekundäre Falten aufsitzen. Zwischen den Falten kommt es zur Bildung von seichteren Grübchen und tieferen, sich reichlich drüsenartig verzweigenden Buchten. Diese manchmal bis zur Muskularis reichenden Einsenkungen wurden von manchen Seiten als tubulöse oder aber als alveoläre Drüsen aufgefaßt, von Duhot aber als Krypten, welche zur Vergrößerung der sezernierenden Fläche der Schleimhaut

dienen. Letztere zeigt, von der Pubertät an, eine braune Färbung, hervorgerufen durch die Einlagerung von Körnchen eines eisenfreien Lipochroms in die Epithelzellen.

Das die Samenblasen auskleidende Epithel ist zweireihig, denn zwischen den basalen Enden der Zylinderzellen liegen stets niedrige Zellen (Basalzellen), die verschieden stark ausgebildet sein können. Bei reichlichem Auftreten können sie unter den Zylinderzellen eine zweite, fast kontinuierliche Schicht bilden.

Die das Lumen auskleidenden Zylinderzellen sind von früher Jugend an sezernierende Elemente (Petersen) und zeigen je nach dem Sekretionszustand ein verschiedenartiges Aussehen. Sie enthalten neben Fett- und Pigmentkörnchen teils basophile (Limon), teils azidophile (Petersen) Sekretkörner, welche in das Lumen ausgestoßen werden. Die Basalzellen häufen oft Fett an; es kann in Form einer großen Kugel die ganze Zelle ausfüllen (Limon).

Der Ductus ejaculatorius zeigt im wesentlichen den gleichen Bau wie der Ductus deferens.

Es ist hier noch der Ort, einiger Gebilde zu gedenken, welche als Reste embryonaler Bildungen aufzufassen sind. Hierher gehören:

Die Paradidymis oder das Giraldèssche Organ besteht aus einigen, beiderseits blindgeschlossenen und mit einfachem flimmernden Zylinderepithel ausgekleideten gewundenen Kanälchen, die zwischen den Gefäßen des Samenstrangs in der Nähe des Caput epididymidis gelegen sind.

Die Ductuli aberrantes kommen als drei blind endigende, mit flimmernden Zylinderepithel ausgekleidete Gänge am Hoden und Nebenhoden vor. Einer zweigt sich vom Rete testis, ein zweiter vom Caput epididymidis und ein dritter vom Ductus epididymidis ab.

Der Appendix testis, die ungestielte Morgagnische Hydatide, stellt gewöhnlich ein aus gefäßreichem Bindegewebe zusammengesetztes, mit Flimmerepithel überzogenes solides Körperchen dar, das am vorderen Umfang des Nebenhoden sitzt. In ihm kann sich eine mit Flimmerepithel ausgekleidete Höhle finden. Ein kurzer, hohler, mit Zylinderepithel ausgekleideter Stiel geht von dem Körperchen aus.

Der Appendix epididymidis (gestielte Hydatide) findet sich beim Menschen nicht konstant in Form eines kleinen, mit kubischem Epithel ausgekleideten Bläschens, von dem ein langer Stiel zum Caput epididymidis führt. Es ist wahrscheinlich ein Urnierenrest, während die ungestielte Hydatide ein Rudiment des Müllerschen Ganges darstellt.

c) Die Rute.

Das männliche Begattungsorgan, die **Rute**, **Penis**, ein langes, zylindrisches Gebilde wird äußerlich von der Haut überzogen und der Hauptsache nach von den drei **Schwellkörpern**, **Corpora cavernosa** (Taf. LV, Fig. 251 und Fig. 252) gebildet. Die beiden dorsal und symmetrisch zur Medianlinie gelegenen Corpora cavernosa penis beginnen unter dem Ramus inferior ossis pubis mit zugespitztem Anfangsstück, ihr ebenfalls zugespitztes Ende liegt im vordersten Abschnitt der Rute. Das Corpus cavernosum urethrae verläuft in der Mittel-

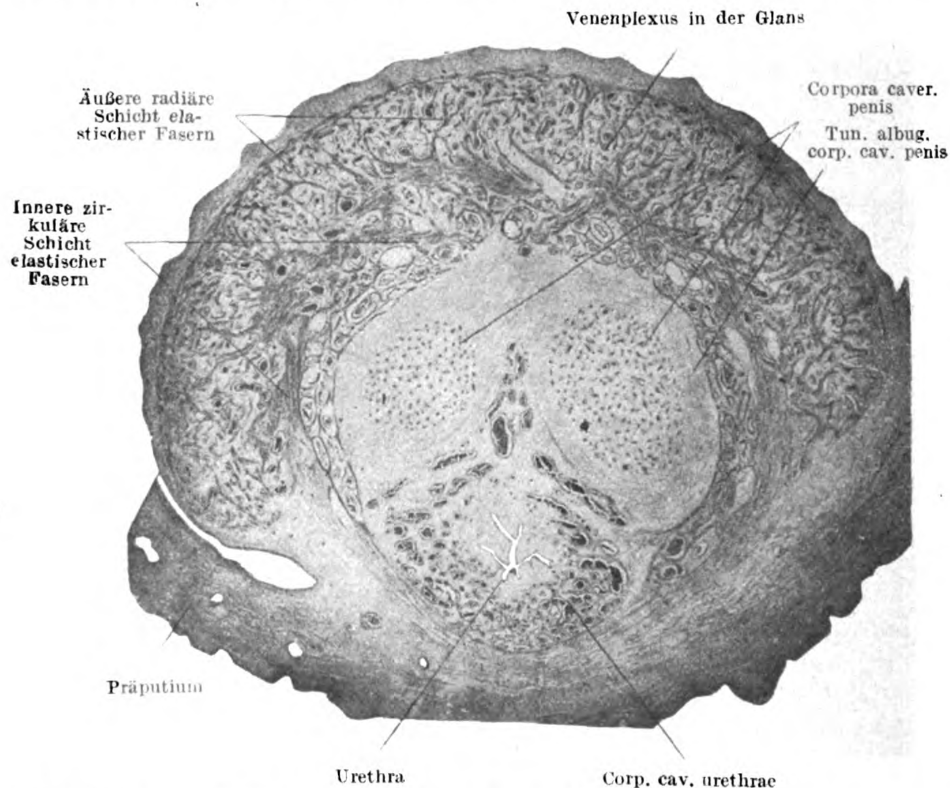


Fig. 252. Querschnitt durch die Glans penis (nahe der Corona glandis) eines drei Jahre alten Knaben.
Ca. 9mal vergrößert.

linie, ventral von den beiden vorigen. Es beginnt mit dem verdickten **Bulbus** zwischen den auseinander strebenden hinteren Enden der beiden vorigen und läuft vorne in die pilzförmig über die vorderen Enden jener beiden herübergestülpte **Eichel**, **Glans penis**, aus. In seine ventrale Fläche tritt dicht hinter dem Bulbus die Urethra ein und verläuft in ihm bis zum Orificium externum.

Die **Haut** des Penis ist eine direkte Fortsetzung der benachbarten Hautbezirke, sie bildet vorne eine die Eichel bedeckende kragenförmige Falte, die **Vorhaut**, **Präputium**.

Die Haut ist am Penis ziemlich dünn und läßt sich infolge eines sehr locker entwickelten subkutanen Bindegewebes leicht abheben, ist leicht dehnbar. Das Präputium ist eine Hautduplikatur; zwischen seinen beiden Blättern liegt lockeres Bindegewebe. In dem Sulcus coronarius schlägt sich die Haut vom inneren Blatt der Vorhaut auf die Eichel über, mit deren bindegewebiger Albuginea sie fest und straff verbunden ist. Die Haut des Penis ist in ihren vorderen Bezirken haarlos, sie besitzt Schweißdrüsen und in ihren hinteren Bezirken

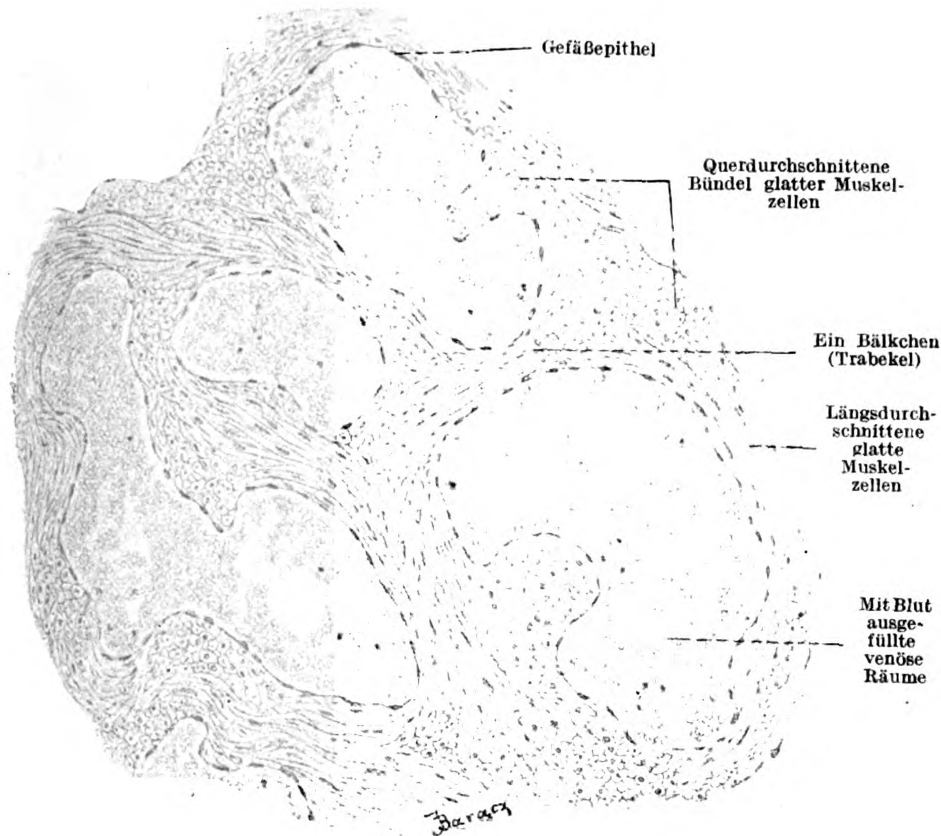


Fig. 253. Schwammgewebe vom Corpus cavernosum penis des Affen.
Ca. 200mal vergrößert.

auch Talgdrüsen. Ein sehr strittiger Punkt in der Histologie ist das Vorkommen von Drüsen in dem inneren Blatte der Vorhaut und in der Eichel. Diese Drüsen sollen den Charakter von Talgdrüsen haben und sind unter dem Namen der Tysonschen Drüsen bekannt. Sie sollen den Präputialtalg, das Smegma praeputii liefern. Neuere Untersuchungen (Saalfeld, Müller, Tandler und Domény) haben gezeigt, daß sich an diesen Stellen wohl Talgdrüsen finden können, aber stets nur in sehr geringfügiger Zahl.

Jedes Corpus cavernosum besteht aus Bindegewebsbälkchen und -blättern, die mit elastischen Fasern und Bündeln glatter Muskelzellen versehen sind und sich miteinander zu einem schwammartigen Maschenwerk vereinigen (Fig. 253, 254). Die innerhalb dieses Maschenwerks gelegenen Lücken, Kavernen, bilden so ein System miteinander kommunizierender Hohlräume. Sie sind mit platten, epithelartig angeordneten Zellen ausgekleidet und enthalten venöses Blut. Äußerlich wird jeder Schwellkörper von einer festen bindegewebigen Albuginea umhüllt. Die beiderseitigen Corpora werden getrennt durch

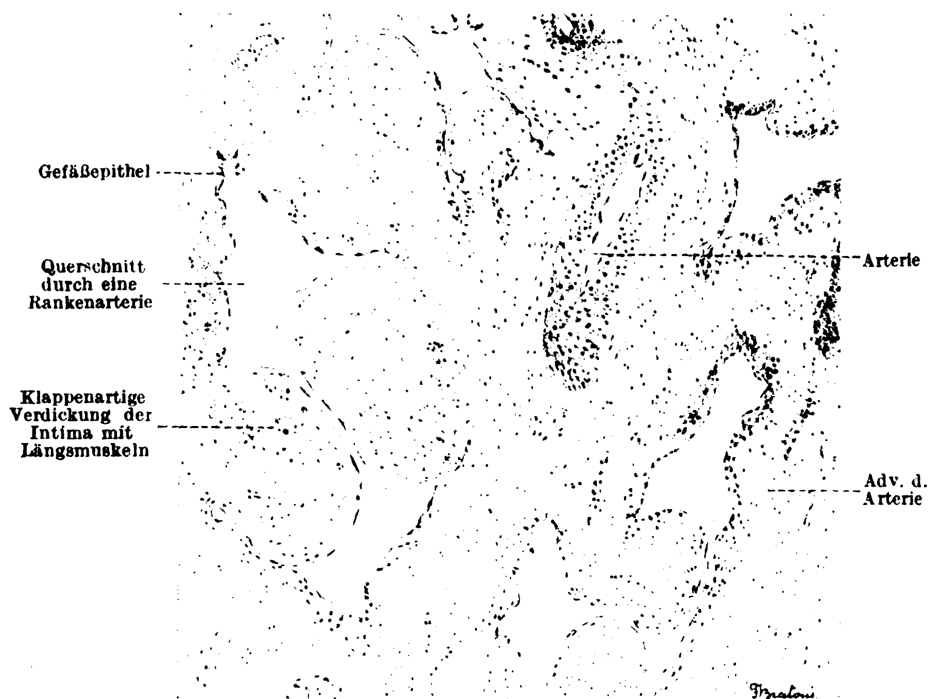


Fig. 254. Querschnitt durch das Corpus cavern. urethrae eines 25jährigen Hingerichteten. Zenker, Hämatoxylin-Eosin. Mittl. Vergr.

ein in der Medianlinie des Penis verlaufendes bindegewebiges Septum, in welchem die beiderseitigen Albugineae sich vereinigen. Es ist hinten stärker und wird nach vorne zu immer dünner und unvollständiger.

Die Schwellkörper der Rute und der der Harnröhre zeigen gewisse Unterschiede (Fig. 253, 254). Im letzteren sind die venösen Bluträume enger, dagegen die Blätter und Bälkchen dicker, viel reicher an elastischen Fasern und bedeutend ärmer an glatten Muskelelementen.

Die das Blut zu den Corpora cavernosa penis führenden Arterien, die Aa. dorsales und profundae penis besitzen in ihren in

die Schwellkörper eintretenden Zweigen eine mächtig entwickelte Muskulatur.

An Ästen unter 1 mm Durchmesser zeigt die Intima polsterartige Verdickungen (v. Ebner), in denen feine, zirkuläre, elastische Fasern parallel zur Oberfläche verlaufen (Fig. 255). Diese Fasern, welche früher für Abzweigungen der Elastica interna gehalten wurden, rühren von der subepithelialen elastischen Lamelle her (Rothfeld).

Besondere Beachtung verdient das verschiedene Verhalten der Arterien zu den Venen (C. Langer). Ein Teil der Arterien nämlich geht in die Venen durch Vermittlung von Kapillaren über, ein kleinerer

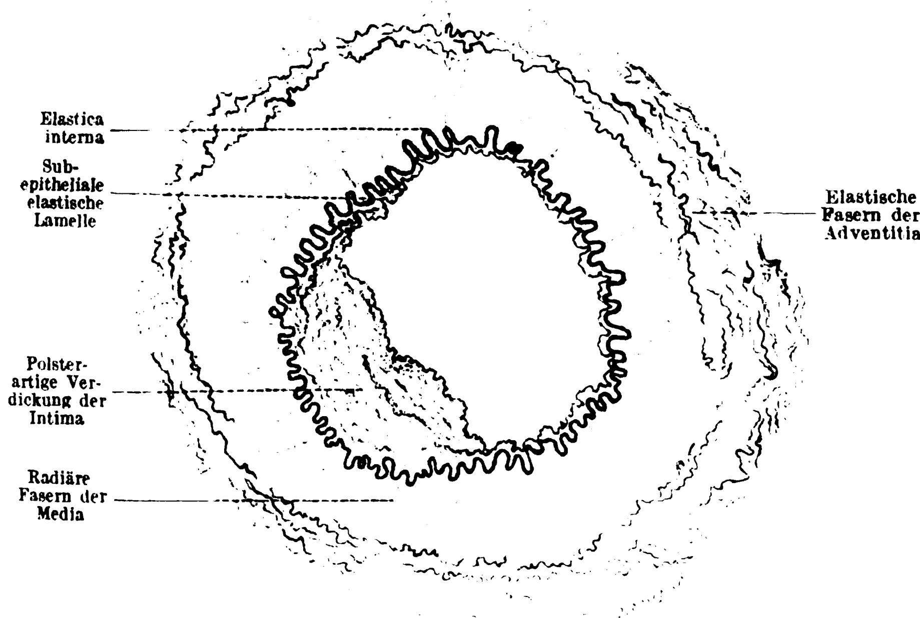


Fig. 255. Querschnitt durch eine in der Tela subfascialis liegende Arterie (4½ Jahre alter Knabe).
Ca. 150mal vergrößert.

Teil dagegen ergießt sich direkt in venöse Räume (Aa. helicinae). Im ersten Falle bildet sich aus den letzten Enden der Arterien dicht unter der Tunica albuginea das feine, kapillare, oberflächliche Rindennetz, welches in das tiefer liegende, gröbere, venöse Rindennetz übergeht. Erst mit diesem stehen die großen zentralen Venenräume des Schwellkörpers in Verbindung. Im zweiten Falle gehen die Arterien unmittelbar in die Venen über, indem sie entweder in das tiefe, gröbere, venöse Rindennetz münden oder direkt in die kavernösen zentralen Venenräume sich ergießen. Diese sog. Rankenarterien (Aa. helicinae) zeigen eine mehr oder minder starke epitheloide Umwandlung der Muskelzellen, welche dicker und kürzer erscheinen (Max Clara).

Die zurückführenden Venen, Vv. emissariae, sammeln das Blut zum Teil aus dem gröberen tieferen Rindennetze, zum Teil aus den zentralen kavernösen Venenräumen, wobei die aus letzteren hervorgehenden Stämme durch die Maschen des Rindennetzes hindurchtreten. Diese Anordnung ist für das Zustandekommen der Erektion von großer Bedeutung. Es werden nämlich durch die stärkere Füllung des peripheren Venennetzes die durchtretenden Venenäste komprimiert und damit der Abfluß des Blutes aus dem zentralen Netz, das hier infolge der direkten Verbindung der Arterien mit den Venen besonders stark zuströmt, gehindert. Die Venen sammeln sich nach Durchbruch der Albuginea zur V. dorsalis penis und den Vv. profundae penis.

Im Corpus cavernosum urethrae (Fig. 254) folgen nach innen auf das Schwellgewebe die starken Venenplexus der Harnröhrensubmukosa. Ein direkter Übergang von Arterien in Venen findet sich hier aber nicht, zwischen beide sind immer Kapillaren eingeschaltet. Die umhüllende Albuginea ist hier feiner wie in den Corpora cavernosa penis.

Die Glans penis besteht im wesentlichen aus einem Plexus stark geschlängelter und durch reichlich entwickeltes Bindegewebe zusammengehaltener Venen. Im Bindegewebe der Bälkchen verlaufen Bündel elastischer Fasern, die in zwei Gruppen eingeteilt werden können (Fig. 252). Eine innere zirkuläre Schicht elastischer Fasern, die im hinteren Teil der Glans der Tunica albuginea aufliegt, wird gegen das vordere Ende immer spärlicher, wobei sie sich mit dem Verschwinden der Corpora cavernosa penis der Urethra nähert. Eine zweite Gruppe besteht aus Bündeln elastischer Fasern, die eine fächerförmige Anordnung haben und die oben beschriebene tiefe Schicht mit den an der Oberfläche der Glans verlaufenden elastischen Fasern verbinden. Die zweite Gruppe nimmt im vorderen Abschnitte der Glans einen radiären Verlauf (Rothfeld).

Über die Nerven des Penis vergleiche man das Kapitel „Periphere Nervenendigungen".

d) Die Anhangsdrüsen der männlichen Geschlechtsorgane.

α) Die Prostata.

Die Prostata besteht aus 30 bis 50 alveotubulären Drüsen, zwischen denen sich so reichlich wie in keiner anderen Drüse glatte Muskulatur findet. Die Ausführungsgänge, 15 bis 30 an der Zahl, konvergieren gegen den Colliculus seminalis hin und münden in dessen Nachbarschaft in die Harnröhre. Die Drüsenalveolen und -tubuli sind von einer Schicht kubischer oder zylindrischer Epithelzellen ausgekleidet, unter denen Petersen an den meisten Stellen noch eine Schicht

platter Zellen findet. Der Körper der Epithelzellen ist mit zahlreichen, stark färbbaren, basophilen und azidophilen Granulis durchsetzt, welche die Vorstufen des Sekrets darstellen.

Das letztere, Succus prostaticus, bildet eine trübe, opaleszierende Flüssigkeit von schwach alkalischer Reaktion. Es enthält neben abgestoßenen Epithelzellen und vereinzelten Leukozyten außerordentlich zahlreiche Körner der verschiedensten Größe. Unter ihnen finden sich einmal die schon in den Epithelzellen beschriebenen basophilen Körner, ferner granulierte Körner und schließlich lipoide Körner. Die Doppelbrechung, welche die letzteren zeigen, hängt ab von ihrem Cholesteringehalt. Lezithin findet sich dagegen im Prostatasekret nicht (Straßberg) Schließlich hat man in letzterem noch ein Ferment, die Vesikulase, nachgewiesen, welche die Gerinnung des Samens bewirken soll. In den Alveolen der Prostata finden sich, vorwiegend bei älteren Individuen, Konkremente, Prostatasteine. Sie bestehen der Hauptsache nach aus phosphorsaurem Kalk, werden stecknadelkopfgroß und zeigen, wie alle derartigen Konkremente, eine deutliche konzentrische Schichtung.

Der Utriculus prostaticus stellt eine verschieden weite und verschieden tiefe, in die Prostatasubstanz eingelagerte Tasche dar und öffnet sich auf dem Colliculus seminalis zwischen den Ductus ejaculatorii in die Harnröhre. Seine mit einem zweizeiligen Flimmerepithel ausgekleidete Schleimhaut bildet mehrere Längsfalten. Entwicklungsgeschichtlich haben wir in diesem Organ den Rest des kaudalen Abschnittes der miteinander verschmolzenen Müllerschen Gänge zu sehen.

Zwischen den Drüsen der Prostata findet sich ein aus derbem Bindegewebe gebildetes Zwischengewebe, durchsetzt von außerordentlich zahlreichen Bündeln glatter Muskelzellen. Dieses bildet zuerst um die Drüse eine starke Kapsel, dann ein mächtiges, die Harnröhre umfassendes Lager und macht den größten Teil der Prostatasubstanz aus. Die einzelnen Drüsen trennt es in Form dicker Septen, welche von der Gegend des Colliculus seminalis zur äußeren Kapsel strahlen. Im späteren Lebensalter nimmt dieses Zwischengewebe auf Kosten der Drüsensubstanz stark zu. Es kann daraus eine beträchtliche Vergrößerung des Organs resultieren, die lebensgefährliche Kompression der Harnröhre erzeugt.

Die Blutgefäße bilden Kapillarnetze um die Drüsen herum, aus denen ein venöser, mit dem submukösen Plexus der Harnröhre in Verbindung stehender Plexus hervorgeht.

Die Lymphgefäße sind sehr zahlreich, sie münden in mehreren Stämmen in die Lymphoglandulae sacrales.

Die Nerven der Prostata stammen zum Teil aus dem Plexus hypogastricus, zum Teil aus dem dritten und vierten N. sacralis (Gentès). Sie geben sekretorische Zweige zu den Drüsen, motorische zu den Muskeln und sensible, die in besonderen im Zwischengewebe gelegenen Endkörperchen endigen.

β) Die Cowperschen Drüsen.

Die Cowperschen Drüsen, Glandulae bulbo-urethrales, liegen als zwei erbsengroße Körper am hinteren Ende des Bulbus urethrae und sind von tubulös-alveolärem Bau. Das Epithel ist einschichtig, kubisch. Zwischen den Zellen finden sich Sekretkapillaren (Braus). Die Zellen gleichen ganz den Schleimzellen. Die Membrana propria ist gut entwickelt. Auch bei dieser Drüse findet sich zwischen den Drüsentubuli und -alveolen ein reichliches Zwischengewebe, in welchem nicht nur glatte, sondern auch quergestreifte Muskelelemente in großer Zahl anzutreffen sind.

Das Sekret der Drüsen soll nach Henle, Stilling u. a. nicht schleimhaltig sein. Es stellt eine klare neutrale Flüssigkeit dar, die auf Zusatz von Essigsäure keine Trübung gibt.

Die intralobulären Ausführungsgänge der Drüsen zeigen lakunäre Erweiterungen und sind bald mit einem niedrigen kubischen Epithel, bald mit einem einfachen Zylinderepithel, die Hauptausführungsgänge dagegen mit einem mehrreihigen Zylinderepithel ausgekleidet.

Die Samenblase und die Littreschen Drüsen haben schon ihre Beschreibung an anderen Stellen gefunden (S. 297 und 282).

Die gesamte Flüssigkeit, die bei der Ejakulation entleert wird, besteht neben dem eigentlichen Sperma noch aus dem Sekret der Nebenhoden und der Ductus deferentes, sowie dem der akzessorischen Drüsen. Doch stellt diese „Gesamtsamenflüssigkeit" kein Gemisch aller dieser Sekrete dar, sondern es werden diese Sekrete getrennt ausgestoßen, nach Broesike in folgender Weise: zuerst ergießen die Cowper- und Littreschen Harnröhrendrüsen bei der vorangehenden Erektion ihr schwach alkalisches, schleimartiges Sekret in die Harnröhre, um die Schleimhaut derselben schlüpfrig zu machen und so die Ejakulation zu erleichtern, dann wird das alkalische Prostatasekret ausgestoßen, welches die sauren, in der Harnröhre zurückgebliebenen Harnreste und den sauren Vaginalschleim zu neutralisieren und dadurch die Beweglichkeit der Spermien zu fördern hat, hernach gelangt das eigentliche im Nebenhoden und Ductus deferens angesammelte Sperma zum Austritt und zuletzt entleeren die Samenblasen ihr alkalisches gallertartiges Sekret, welches vor allem auf rein mechanischem Wege die Harnröhre vom zurückgebliebenen Sperma

zu befreien hat, bei gewissen Tieren auch noch nach dem Koitus erstarrt, einen Pfropf in der Vagina bildet und so das Ausfließen des Samens aus der Scheide verhindert.

2. Die weiblichen Geschlechtsorgane.

An den weiblichen Geschlechtsorganen kann man innere und äußere unterscheiden. Zu den ersteren rechnen wir: a) den Eierstock, b) den Eileiter, c) die Gebärmutter und d) die Scheide, zu den äußeren, die man auch als weibliche Scham zusammenfaßt, gehören e) der Kitzler, f) die großen Schamlippen, g) die kleinen Schamlippen und h) der Scheidenvorhof mit den Glandulae vestibulares minores und der Glandula vestibularis major.

a) Der Eierstock.

Der Eierstock, Ovarium, entwickelt sich ganz ähnlich wie der Hauptteil des Hoden aus dem Keimepithel, welches auf der medialen Seite der Urniere die sog. Geschlechtsleiste bildet. Die Keimepithel-

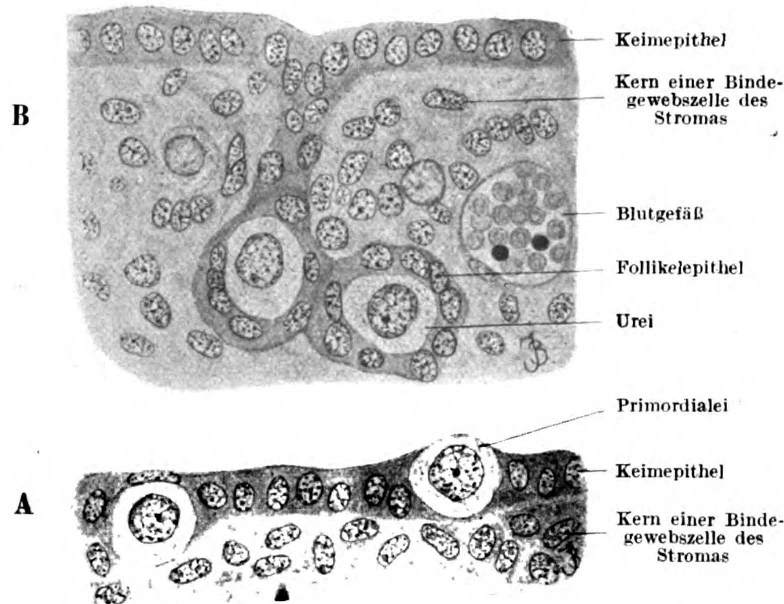


Fig. 256. Aus einem senkrechten Durchschnitte durch den Eierstock eines menschlichen Embryos aus dem dritten Monate.

Ca. 540mal vergrößert.

zellen vermehren sich durch Teilung und zwischen ihnen treten größere plasmareiche Zellen mit großem bläschenförmigem Kern auf. Diese Zellen werden als Primordialeier, Ureier oder Oogonien bezeichnet (Fig. 256 A). Die Zellen des Keimepithels geraten nun in

lebhafte Wucherung und bilden in dem jungen Keimstock eine mehrschichtige Rinde, die nach innen in die aus dem Reteblastem stammende, zu Strängen angeordnete Marksubstanz übergeht.

Während nun vom vierten Fetalmonat an die Stränge des Reteblastems allmählich zugrunde gehen, wuchert das Bindegewebe der Marksubstanz in die Rinde hinein und zerlegt das gewucherte Keimepithel in eine größere Anzahl von Zellkomplexen, die man als die Eiballen oder auch als Pflügersche Schläuche bezeichnet (Fig. 256 B). Jeder derselben besteht aus einer größeren Anzahl von Oogonien und noch zahlreicheren indifferenten Zellen des Keimepithels und wird allseitig von Bindegewebe umhüllt.

Innerhalb der Eiballen kommt es dann zu einer Teilung der Oogonien und es entsteht eine zweite Zellgeneration, die Oozyten, gleichwertig den Spermiozyten des Hoden.

Haben sich die Oozyten einmal gebildet, so dringt das die Eiballen umhüllende Bindegewebe in die letzteren selbst ein und zerlegt sie in kleinere Komplexe, von denen jeder eine Oozyte und eine Anzahl indifferenter Epithelzellen enthält. Indem sich die letzteren in einfacher Schicht epithelartig um jede Oozyte herum anordnen, entstehen Gebilde, welche wir als Primärfollikel, Folliculi oophori primarii, bezeichnen. Während die Follikelbildung von innen nach außen fortschreitet, geht in der Peripherie des Organs vom Keimepithel aus die Bildung von Ureiern immer weiter vor sich und erlischt beim Menschen erst gegen Ende des ersten Lebensjahres. Im Zentrum des Eierstocks bildet das Bindegewebe mit den eingewachsenen Gefäßen eine größere follikelfreie Masse, die Marksubstanz, während die Rindensubstanz die Follikel mit dazwischen gelagertem Bindegewebe enthält. Außen wird der Eierstock durch das Keimepithel abgeschlossen, unter welchem das Bindegewebe eine kompakte Lage bildet, die als Tunica albuginea bezeichnet wird.

Im postembryonalen Leben findet nun das Wachstum der in den Primärfollikeln eingeschlossenen Eier, der Oozyten, statt, welche mit einer kolossalen Vergrößerung des ganzen Follikels Hand in Hand geht. Auch sie schreitet wiederum von innen nach außen vor und beginnt bereits beim Neugebornen (Runge). Wir haben so neben großen Eiern bzw. reifen Follikeln in den oberflächlichen Schichten der Rindensubstanz des erwachsenen Ovariums immer noch zahlreiche ganz unreife Follikel und können deshalb die Follikelentwicklung auch noch am Ovarium des geschlechtsreifen Weibes studieren.

Die Marksubstanz oder Zona vasculosa erstreckt sich vom Hilus aus mit den Gefäßen in das Organ hinein und besteht aus lockerem Bindegewebe, mit elastischen Fasern untermischt. Mit den Gefäßen dringen vom Lig. latum her auch Züge von glatten Muskelzellen in die Marksubstanz, jedoch beim Menschen nur in geringer

Menge. Wie schon erwähnt, enthält die Marksubstanz keine Follikel, doch können die ausgewachsenen reifen Follikel stark gegen sie andrängen und sie einbuchten (Fig. 257).

Die Rindensubstanz enthält als wesentlichsten Bestandteil die Follikel. Zwischen ihnen finden sich überall Bindegewebszüge mit elastischen Fasern, die aber keine Muskulatur mehr mit sich führen. Außerdem enthält das Bindegewebe noch in Gruppen zusammengelagerte Zellen, die man als interstitielle Zellen bezeichnet hat (Tourneux), die jedoch keinen konstanten Bestandteil der Eierstöcke

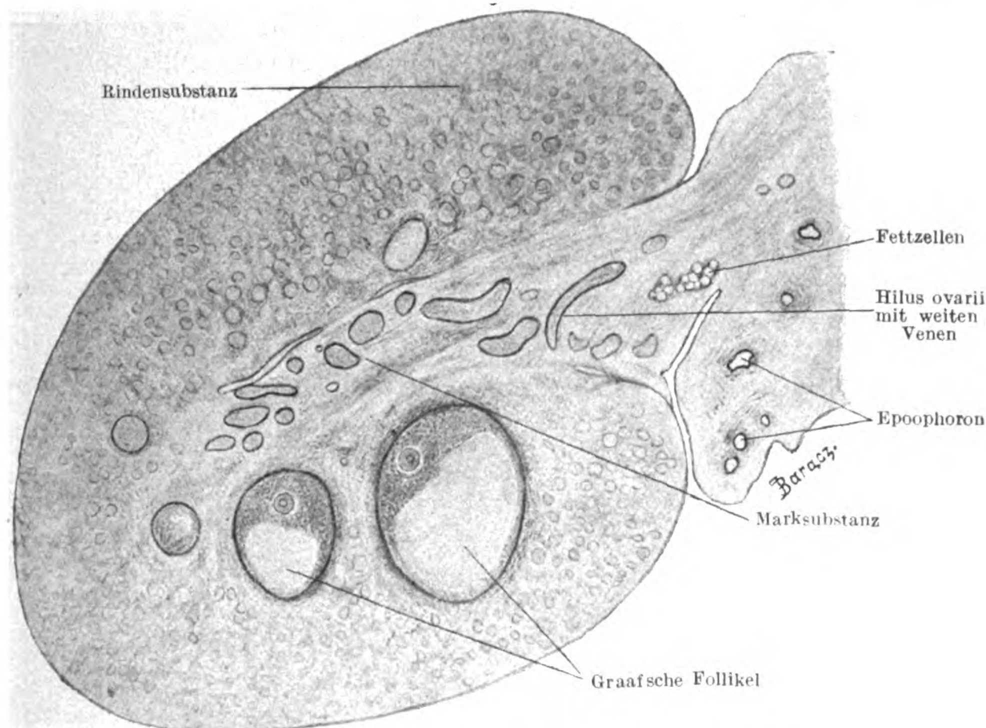


Fig. 257. Querschnitt durch das Ovarium vom Affen. 26mal vergrößert.

aller Säugerarten bilden. Beim Menschen treten sie bloß in geringer Zahl hervor, bei manchen Tieren dagegen (Nagern, Insektenfressern und Fledermäusen) gelangen sie zu starker Entfaltung, so daß sie zum überwiegenden Bestandteil des Ovarialstromas werden können und dann die sog. interstitielle Drüse bilden. Sie erscheint entweder in Form eines kompakten Parenchyms oder in Form von zerstreuten rundlichen oder polyedrischen Follikeln oder Strängen, die durch vaskularisiertes, als feine Bälkchen strahlig in ihr Inneres eindringendes Bindegewebe voneinander geschieden werden. Die Vaskularisation ist so reich, daß fast jede Zelle von einer oder mehreren

Seiten von den Kapillaren umfaßt wird. In ihrer Struktur erinnern diese Gebilde an die Nebennierenrinde, ihre Zellen an die Zwischenzellen des Hoden. Diese Zellen sind von polyedrischer Gestalt und enthalten bläschenförmige Kerne und fettartige Körnchen im Protoplasma. Auf Grund seiner Struktur kann das interstitielle Gewebe zu den Drüsen mit innerer Sekretion gezählt werden.

Was nun die Follikel, gewöhnlich nach ihrem Entdecker Graafsche Follikel genannt, anbetrifft, so nimmt ihre Zahl im Laufe des Lebens immer mehr ab, da ja normalerweise von der Pubertät an bei jeder Menstruation, also alle 28 Tage, ein Ei ausgestoßen wird, was den Untergang eines Follikels bedeutet. Neue Ureier werden aber vom zweiten Lebensjahr an nicht mehr gebildet. Dann

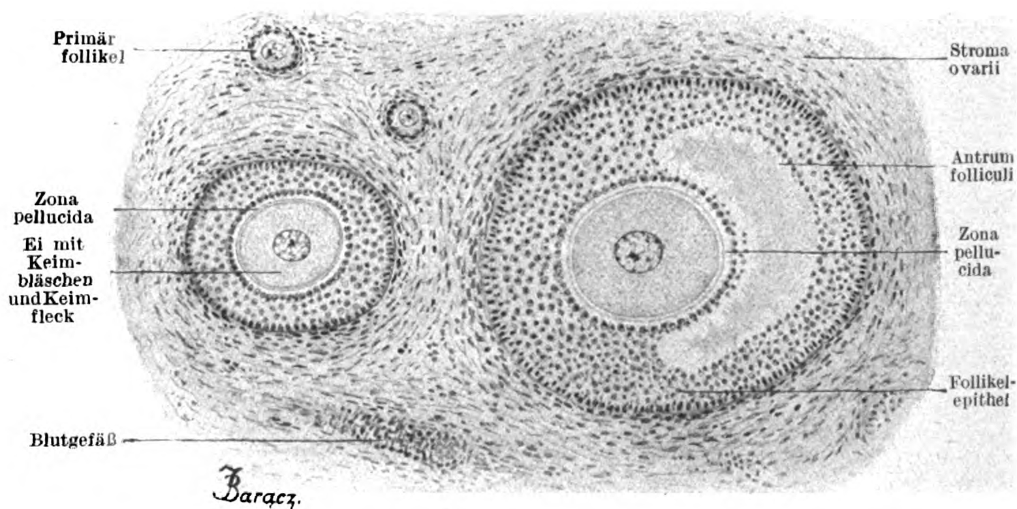


Fig. 258. Aus einem Durchschnitte durch die Rinde eines Affeneierstockes. Ca. 150mal vergrößert.

aber gelangt auch eine große Anzahl junger Follikel gar nicht zur vollen Reife, sondern geht in allen Stadien des Reifungsprozesses zugrunde. Nach Henle werden etwa 72 000 Eier beim Menschen angelegt und von ihnen gelangen nur etwa 400 zur Reife. Es stellen also diese Rückbildungsprozesse einen physiologischen Vorgang dar, dessen Einzelheiten später geschildert werden sollen. Diese Erörterungen machen es verständlich, daß im Laufe des Lebens das bindegewebige Stroma der Rindensubstanz eine immer größere Ausdehnung gewinnt, da es an Stelle der spezifischen Elemente tritt, womit auch das ganze Organ immer fester und derber wird.

Wir können die im Eierstock des jungen, geschlechtsreifen Weibes enthaltenen Follikel in Primärfollikel, wachsende Follikel und erwachsene, sprungreife Follikel einteilen.

Die Primärfollikel liegen vor allem in den äußeren Partien der Rindensubstanz. Sie bestehen aus dem Ei oder der Oozyte und einer Schicht platter, das letztere umgebender Follikelzellen. Das Ei ist eine kugelige Zelle von 50—65 μ Durchmesser, das sich gegen die Follikelzellen durch einen zarten Kontur abgrenzt. Der Zellkörper zeigt ein deutliches Fadenwerk. Der ungefähr 30 μ im Durchmesser haltende kugelige Kern, hier Keimbläschen genannt, nimmt immer die Mitte des Zellkörpers ein und enthält ein ausgeprägtes Chromatingerüst und ein großes, rundes Kernkörperchen, hier Keimfleck genannt. Die Follikelzellen sind platte, schmale Epithelzellen, die das Ei in einer oder in zwei Schichten umgeben (Fig. 258).

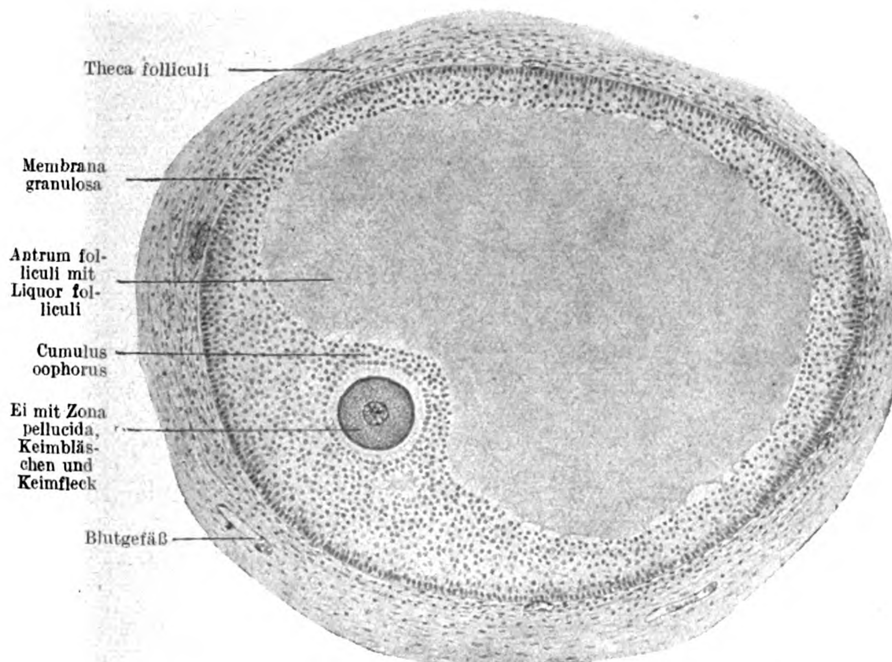


Fig. 259. Durchschnitt eines Graafschen Follikels vom Affen.
Ca. 90mal vergrößert.

Beim Wachstum des Follikels laufen verschiedene Prozesse nebeneinander her. Die auffallendste Erscheinung unter ihnen bildet die enorme Vermehrung, welche die Zahl der Follikelzellen erfährt. Die anfänglich platten Zellen werden zunächst kubisch und teilen sich auf mitotischem Wege in ununterbrochener Folge, so daß schließlich das Ei von zahlreichen Schichten von Follikelzellen umgeben ist, was natürlich eine starke Vergrößerung des ganzen Follikels bedeutet (Fig. 258). Unter diesen Follikelzellen zeichnen sich einzelne durch ihre Größe und ihr helles Aussehen aus (Nagel). Sie sind dem Untergang geweiht, zerfallen und bilden kleine, mit Flüssigkeit gefüllte

Epithelvakuolen. Diese entstehen in dem nach der Eierstocksoberfläche gerichteten Teile des Follikels, sie konfluieren bald und bilden eine kleine mit Flüssigkeit, Liquor folliculi, gefüllte Höhle, das Antrum folliculi (Fig. 258). Diese Höhle vergrößert sich bei gleichzeitigem Wachstum des ganzen Follikels andauernd, und zwar immer auf Kosten des peripheren Bezirks des Follikelepithels. Im zentralen, nach der Marksubstanz des Ovariums gerichteten Abschnitt des Follikels bleibt das Epithel um das immer mehr nach innen rückende Ei erhalten und springt nun in die Follikelhöhle mehr oder weniger als halbkugelige Zellmasse, Cumulus oophorus, vor (Fig. 259).

Gleichzeitig mit diesen Wachstums- und Umbildungsprozessen des Follikelepithels umgibt sich der ganze Follikel mit einer bindegewebigen Haut, der Theca folliculi.

Aber auch das Ei macht während dieser Zeit wichtige Veränderungen durch, die darin bestehen, daß es in allen seinen Dimensionen zunimmt (Wachstumsperiode) und sich, bevor es seine maximale Größe erreicht hat, mit einer deutlichen dicken Membran, der Zona pellucida, umgibt, welche ein Produkt der innersten Lage der Follikelzellen ist. Im Eiprotoplasma treten deutoplasmatische Einschlüsse in Form kleiner krümeliger Partikelchen auf, sammeln sich um den Kern herum und drängen ihn in eine exzentrische Lage. Die Bildung und Zufuhr von Nährsubstanzen für die Eizelle übernehmen die sie umgebenden Follikelzellen. Diese Substanzen werden von der Eizelle absorbiert, welche sie zweckentsprechend umarbeitet und als deutoplasmatische Reservestoffe ansammelt. Die im Ei in Form kleiner Körner auftretenden Mitochondrien werden von den Autoren in enge Beziehungen zur Dotterbildung gebracht, indem ihnen dabei entweder eine indirekte Rolle zugeschrieben oder ihre direkte Umwandlung in Dotterkörner angenommen wird. Das Verhalten der Mitochondrien im sich entwickelnden, d. i. wachsenden (Wachstumsperiode) menschlichen Ei ist am eingehendsten von van der Stricht untersucht worden. In frühen Stadien beschreibt er ein halbmondförmiges, dem Kern anliegendes Gebilde, das sich aus Mikrosomen herausgebildet hat und in welchem (die perinukleäre vitellogene Schicht) man ein rundes, mit Safranin stark färbbares Körperchen (der Balbianische Dotterkern) findet. Es weist in seiner mittleren Partie eine helle homogene Zone auf, welche ein oder mehrere Körnchen enthält. Zur Bildung des Dotterkerns in den Eiern der Säuger vereinigen sich höchstwahrscheinlich das Zentriol mit seiner Sphäre und der innere Golgische Netzapparat. Die vitellogene Schicht zerfällt bald, die sie bildenden Mikrosomen verteilen sich im ganzen Eizytoplasma und ordnen sich darauf in Schnüren und Balken an, welche ein Netz bilden. Wenn in der nächsten Phase die Schnüre

in Inseln und einzelne Körner zu zerfallen beginnen, erscheint eine zentrale Zone, welche durch völlige Auflösung der Balken und durch das erste Auftreten von deutoplasmatischen Körnern charakterisiert wird. Zuletzt lösen sich die Körnerbalken auch an der Peripherie des menschlichen Eies auf und es entsteht eine helle, von Mitochondrien freie Randschicht. Dagegen enthalten die Eier der meisten Säugetiere eine an Mitochondrien reiche peripherische Schicht.

Es besitzt so der sprungreife erwachsene Follikel (Folliculus oophorus vesiculosus s. Graafi) folgenden charakteristischen Bau. Nach außen wird er umhüllt von der Theca folliculi, an der wir eine Tunica externa, eine Tunica interna und eine Glashaut unterscheiden können. Die Tunica externa ist eine konzentrisch um den Follikel angeordnete und etwas verdichtete Lage von Ovarialstroma. Die Tunica interna besteht aus kugeligen oder polyedrischen Zellen, Kornzellen (His), die durch spärliche Bindegewebsfäserchen getrennt werden. Nach innen wird die Theca abgeschlossen durch ein feines strukturloses Häutchen, die Glashaut (Fig. 259).

Das Follikelinnere wird zunächst gebildet von den die Follikelhöhle allseitig umgebenden Follikelzellen (Follikelepithel). Sie sitzen in den nach der Eierstockoberfläche sehenden Partien des Follikels in Form eines mehrschichtigen Epithels der Glashaut auf (Stratum granulosum), in den nach der Marksubstanz des Ovariums gerichteten Follikelabschnitten verdickt sich die Epithelschicht allmählich und geht in den das Ei bergenden Cumulus oophorus über, der beim Menschen im sprungreifen Bläschen kolbig in die Follikelhöhle vorspringt. Die Follikelzellen sind zylindrisch, am längsten sind sie in der äußeren Schicht des Stratum granulosum; auch die das Ei unmittelbar umgebende Schicht besteht aus sehr langen Zellen. Bei dem Austreten des Eies aus dem Follikel haften sie als Corona radiata oder Eiepithel der Eioberfläche an.

Die nach innen vom Follikelepithel liegende und dieses vom Ei trennende Zona pellucida (radiata) ist eine im allgemeinen homogene glashelle, einfach brechende, 7—10 μ dicke Membran (v. Ebner), wird jedoch bei vielen Tieren schon sehr früh von sehr feinen, radiär verlaufenden Kanälchen durchzogen, durch welche feine Ausläufer der zu innerst liegenden Follikelzellen zu der Oberfläche des Eies hindurchtreten und in die Eisubstanz eindringen (Pflüger, Paladino, Retzius, Kolossow, v. Ebner). Diese Einrichtung tritt bei niederen Wirbeltieren, und zwar in den frühen Stadien deutlicher als bei den Säugetieren auf und scheint bei der Ernährung des Eies eine wichtige Rolle zu spielen.

Die Follikelhöhle enthält den Liquor folliculi, eine klare, gelbliche Flüssigkeit, die nur 10—40‰ feste Substanzen enthält.

Das sog. Paralbumin, das sich in ihr finden soll, ist nach Hammarsten ein Gemenge von Pseudomuzin und wechselnden Mengen von Eiweiß.

Der Cumulus oophorus enthält normalerweise nur ein Ei. Mehreiige Follikel sind beim Menschen selten, bei Tieren dagegen häufig zu beobachten.

Das Ei eines sprungreifen Follikels ist eine kugelige Zelle von ungefähr 200 μ Durchmesser. Es wird umhüllt von der Zona pellucida. Von der Eisubstanz selbst ist die Zona durch einen feinen Spalt, den perivitellinen Spaltraum getrennt.

An dem Eikörper können wir zwei Zonen unterscheiden, eine periphere schmälere, helle, protoplasmatische und eine zentrale deutoplasmatische, welche letztere aus den krümeligen Dotterelementen besteht. Nach außen wird das Eiprotoplasma durch eine „feinkörnige Dotterrinde" (v. Ebner) abgeschlossen. Das menschliche Ei ist im Gegensatz zu dem der meisten anderen Tiere als sehr dotterarm zu bezeichnen.

Das Keimbläschen liegt stets exzentrisch an der Grenze zwischen deutoplasmatischer und plasmatischer Zone. Es hat einen Durchmesser von ungefähr 25 μ, grenzt sich gegen das Plasma durch eine scharfe Membran ab und erscheint im frischen Zustande nahezu homogen. Im fixierten Präparat tritt in ihm ein deutliches Chromatinnetz auf.

Schon am frischen Ei erkennt man im Keimbläschen sehr leicht den 4—8 μ großen gelblichen Keimfleck, der einen sehr großen Nukleolus darstellt. Er soll nach Nagels Beobachtungen auch beim Menschen deutliche amöboide Bewegungen ausführen.

Das Ei, wie es sich uns innerhalb des sprungreifen Follikels darstellt, ist noch nicht fähig, befruchtet zu werden. Wie wir in dem Kapitel „Befruchtung" darstellen werden, muß das Ei, um befruchtet werden zu können, noch reifen, d. h. es muß noch die Hälfte seiner Chromosomen ausstoßen. Wie weiter ausgeführt werden soll, ist die Eireifung mit der Ausstoßung der Richtungskörper vollendet. Diese letztere aber ist beim Menschen noch niemals einwandfrei beobachtet worden; sie dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach erst nach Eintritt des Eies in die Tube erfolgen. Wir müssen deshalb das Ei des sprungreifen Follikels nicht als „reifes", sondern als „reifendes" Ei (Nagel) bezeichnen.

Bei den Säugetieren geschieht die Ausstoßung der Richtungskörperchen entweder im Augenblicke des Platzens des Follikels oder aber unmittelbar vor oder nach dem Follikelsprung, so daß die Reifung erst im Eileiter enden kann, wo auch das schon reife Ei eventuell mit den Spermien zusammentrifft.

Sobald der Follikel eine gewisse Größe erreicht hat, nimmt er die ganze Dicke der Rindenschicht bis zur Albuginea ein. Durch

weitere Vermehrung des Liquor wird letztere allmählich verdünnt, die Gefäße verschwinden an dieser Stelle, an der auch die Theka atrophisch wird und es erfolgt schließlich der Follikelsprung. Der Liquor folliculi und mit ihm das Ei, umgeben von seiner Corona radiata, treten in die Bauchhöhle. Wir bezeichnen diesen Vorgang als Ovulation. Die Ovulation bedingt eine allgemeine Blutfülle der weiblichen Genitalien und einen Blutaustritt aus der Schleimhaut. Wir bezeichnen diesen letzteren Vorgang beim Tier als Brunst, beim Menschen als Menstruation. Beim ersteren fallen Brunst und Ovulation zusammen, beim Menschen aber besteht ein gesetzmäßiges zeitliches Verhältnis zwischen Ovulation und Menstruation (worüber später weiteres).

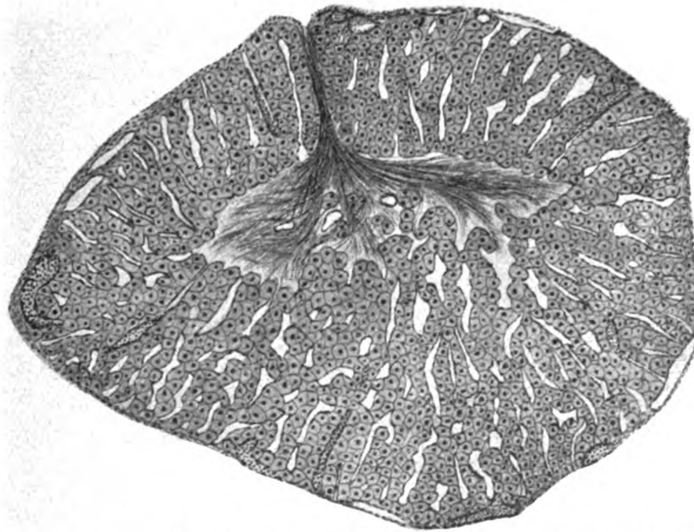


Fig. 260. Corpus luteum des Kaninchens (acht Tage post coitum). Nach Sobotta. Ca. 30mal vergrößert.

Das aus dem Follikel ausgetretene Ei gelangt in den Tubentrichter und von hier in die Tube selbst. Hier wird es bei der Anwesenheit von Spermien befruchtet oder es wird bei deren Nichtvorhandensein mit dem Menstrualblut aus den Genitalien ausgestoßen. Das befruchtete Ei gelangt durch die Flimmerbewegung der Tubenschleimhaut in den Uterus, wo seine Implantation in die Schleimhaut und weitere Entwicklung stattfindet. In nicht seltenen Fällen aber bleibt es in der Tube selbst liegen und gibt dann Veranlassung zur Entstehung der Tubenschwangerschaft.

Dem Follikelsprung folgt in der Regel ein Bluterguß in die Follikelhöhle. Es findet nun innerhalb des Follikels eine mächtige Zellwucherung statt, so daß sich aus dem ehemaligen Graafschen Follikel ein mächtiger, solider, zelliger Körper entwickelt, das Corpus luteum, das unter Umständen im Höhepunkt der Entwicklung eine

Länge und Breite von etwa 20 mm und eine Dicke von 9 mm erreichen kann (Fig. 260).

Die Zellen, welche den Follikel erfüllen, werden als Luteinzellen bezeichnet, weil sie in ihrem Körper einen gelben Farbstoff, das Lutein, in Form feiner Körnchen enthalten. Dieser verleiht auch dem Corpus luteum seine charakteristische Farbe. Das Lutein gehört zu den Lipochromen, Farbstoffen, die in Alkohol, Äther und Chloroform löslich sind. Von den zwei divergierenden Anschauungen über die Abstammung der Luteinzellen hat gegenwärtig die eine, daß sie durch Wucherung des Follikelepithels entstehen, mehr Anhänger (Bischoff, Merkel, van Beneden, Cornil, Heape, Stratz, Sobotta, Honoré) als die zweite, die sie ableitet von Zellen, welche die Tunica interna der Theca folliculi zusammensetzen (Kölliker, His, Nagel, Clark, Bühler). Nach Rabl und Cohn aber kommen im Corpus luteum des Menschen regelmäßig zwei verschiedene Formen von Luteinzellen vor. Die Hauptmasse wird von den charakteristischen großen Luteinzellen gebildet, die eine innere Schicht bilden und von dem Granulosaepithel abzuleiten sind, nach außen aber schließt sich eine nicht gleichmäßig entwickelte Schicht an; sie besteht aus kleineren und dunkleren Zellen, welche von der Theca interna abstammen und von denen der bindegewebige Teil des Corpus luteum ausgeht (Thekaluteinschicht).

Gleichzeitig mit der Proliferation der Luteinzellen beginnen die Bindegewebszellen der Tunica interna thecae zu wuchern und zwischen die Luteinzellen einzuwachsen (Fig. 260). Es bilden sich radiär gerichtete Bindegewebszüge, die bis zum Zentrum des Corpus luteum reichen und dort einen lockeren Kern formen. Zusammen mit diesen Bindegewebszügen dringen auch Blutgefäße in das Innere ein. Das Bindegewebe umschließt die Residuen des ehemaligen Blutergusses, die nach und nach resorbiert werden. Als Rest des resorbierten Blutergusses können hier orangerote Hämatoidinkristalle vorgefunden werden. Hat die Bildung des Corpus luteum ihren Höhepunkt erreicht, so beginnen sich regressive Veränderungen einzustellen. Die Luteinzellen degenerieren, das Bindegewebe tritt stärker hervor, wird auch vermehrt, schrumpft aber bald wieder zusammen und aus dem zelligen Corpus luteum wird das bindegewebige Corpus albicans oder Corpus fibrosum.

Wird das aus dem platzenden Follikel ausgetretene Ei befruchtet, folgt also der Ovulation eine Schwangerschaft, so resultiert ein umfangreicheres Corpus luteum, als wenn das ausgetretene Ei nicht befruchtet wird. Wir nennen ein solches Corpus ein Corpus luteum verum s. graviditatis und sprechen dann, wenn keine Schwangerschaft eintritt, von einem Corpus luteum spurium. Diese beiden Arten des Corpus luteum unterscheiden sich vor allem durch ihre

Dimensionen, im Bau dagegen sind augenfällige Unterschiede nicht zu sehen, außer daß das Corpus luteum graviditatis, besonders in der ersten Schwangerschaftshälfte, im Vergleich mit dem Corpus luteum menstruationis im Protoplasma der Luteinzellen bedeutend weniger Körnchen und Kügelchen von fettartigen Substanzen, von sog. Lipoiden enthält (Miller, Wiczyński). Das Corpus luteum spurium s. menstruationis verschwindet schon nach einigen (sechs bis acht) Wochen und hinterläßt nur eine kleine weißliche Narbe. Das Corpus luteum verum dagegen erhält sich beim Weibe viel länger, nämlich die ganze Schwangerschaftsdauer, und verwandelt sich einige

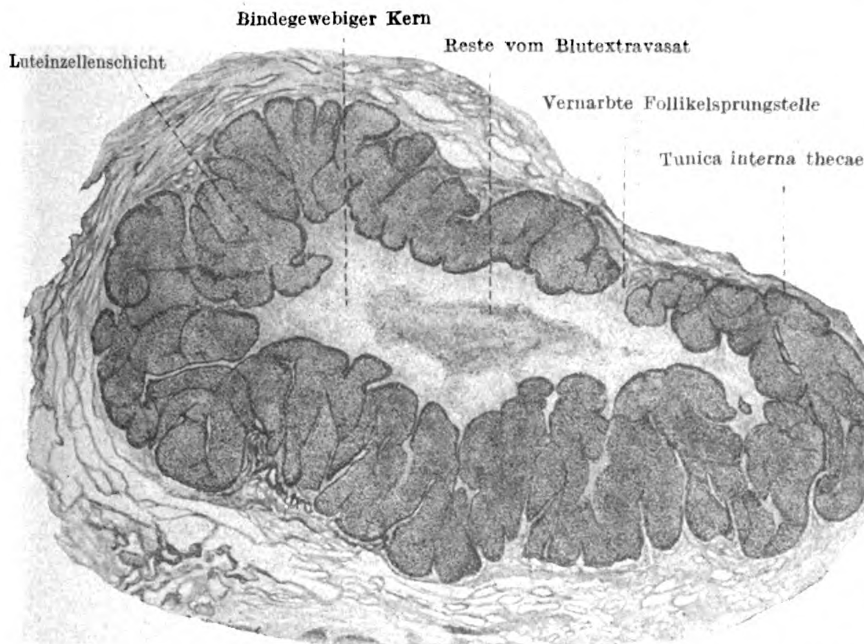


Fig. 261. Durchschnitt durch das Corpus luteum verum s. graviditatis einer Frau von der achten Schwangerschaftswoche.

Schwache Vergrößerung.

Wochen nach Ende derselben in ein Corpus albicans, ähnlich wie das Corpus luteum menstruationis, so daß nach beendeter Schwangerschaft neben einem oder sogar zwei Corpora lutea menstruationis im Ovarium noch Reste des Corpus luteum graviditatis zu finden sind. Das Corpus luteum muß in Rücksicht auf seinen Bau als eine Drüse mit innerer Sekretion betrachtet werden (Prenant). (Über den Eierstock als Drüse mit innerer Sekretion siehe nächste Seite.)

Es wäre hier noch kurz auf die Rückbildungsvorgänge einzugehen, die, wie wir früher ausführten, zum Untergang des weitaus größten Teiles aller Follikel führen und die wir als Follikelatresie (Slaviansky, Schottländer) zusammenfassen. Den Ausgangs-

punkt dieser Veränderungen soll das Keimbläschen bilden, welches der Chromatolyse verfällt. Dabei wird das Chromatin in lauter kleine Bröckel zerlegt, die sich im Kernsaft lösen. Die Kernmembran verschwindet, der Eikörper degeneriert fettig und wird verflüssigt; das gleiche widerfährt der Zona pellucida. Ganz ähnliche Prozesse spielen sich auch an den Zellen des Follikelepithels ab. An der Auf-

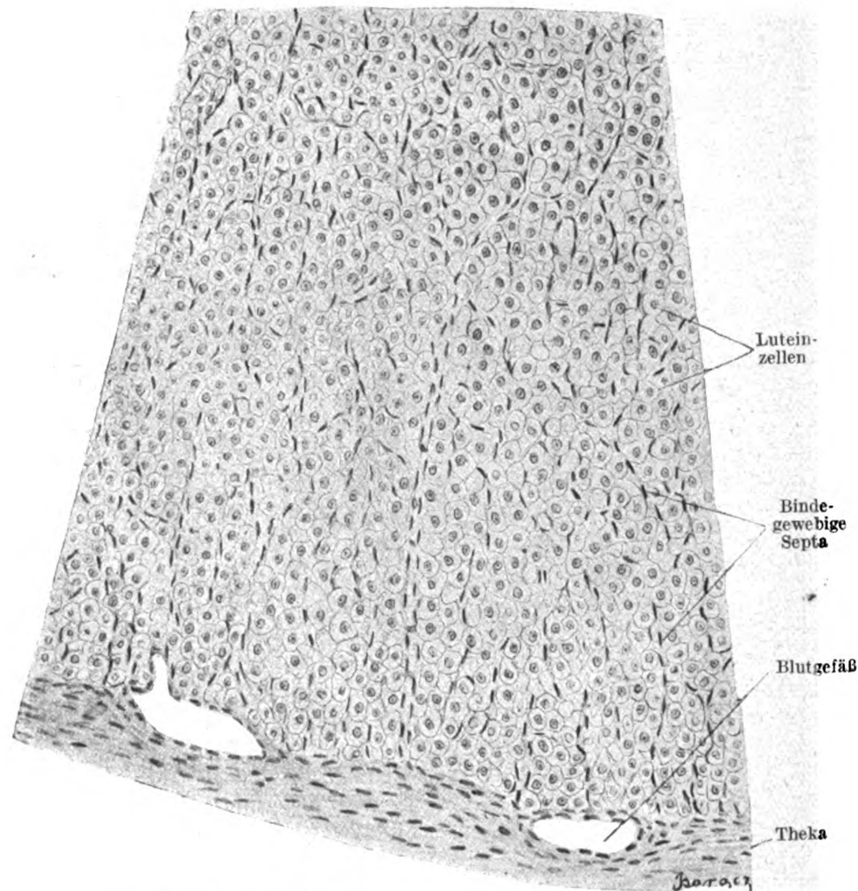


Fig. 262. Stück eines Corpus luteum einer Hündin.
Ca. 300mal vergrößert.

lösung und Resorption der daraus resultierenden Zellreste beteiligen sich vorwiegend Wanderzellen.

Dabei kommt es aber nicht selten zu einer Reaktion der Theca folliculi, deren Zellen (Tunica interna) zu wuchern beginnen und Bindegewebe produzieren (Schottländer). In solchen zugrunde gehenden Follikeln kann es unter Umständen noch zur Bildung von Richtungsfiguren kommen (Flemming, Schottländer).

Neuere Forschungen erblicken den Ausgangspunkt der zur Follikel-

atresie führenden Vorgänge eher in der Wucherung der Theca interna (Rabl, Seitz, Cohn) als in der Ei- und Follikeldegeneration.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen über den Eierstock als Drüse mit innerer Sekretion (endokrine Drüse) und etliche Einzelheiten über die Funktion des Corpus luteum und der interstitiellen Drüse.

Seit mehr als zwanzig Jahren wird der Eierstock allgemein zu jenen Drüsen gezählt, die außer ihrer eigentlichen Haupttätigkeit der äußeren Sekretion (in diesem Falle Produktion von Eiern) zugleich die der Drüse mit innerer Sekretion erfüllen und dadurch einen Einfluß auf den gesamten Organismus ausüben, indem sie gewisse in ihrem Innern erzeugte Stoffe (Inkret) durch Blut- und Lymphbahnen dem allgemeinen Kreislauf zuführen.

Diese Annahme findet einerseits ihre Stütze im Bau des Eierstocks und ist andererseits auch durch Experimente und pathologische Beobachtungen begründet worden. Es unterliegt nämlich gar keinem Zweifel, daß der Eierstock einen wichtigen Einfluß auf die Entwicklung und die Funktion der weiblichen Geschlechtsorgane, auf das Entstehen und Erhalten der sekundären Geschlechtsmerkmale des Weibes ausübt; es ist nur nicht mit Sicherheit zu sagen, auf welchen Bestandteil der Ovarien diese inkretorische Tätigkeit zurückzuführen ist.

Die Mehrzahl der Forscher ist geneigt, die innere Sekretion den Corpora lutea zuzuschreiben, andere verlegen sie in die Zellen der interstitiellen Drüse, es gibt aber auch solche, die den Hauptanteil an dieser Tätigkeit den Follikeln bzw. dem Ei selbst, den interstitiellen Zellen dagegen eine nur untergeordnete, rein ernährende Tätigkeit zuerkennen.

Die überwiegende Zahl der Forscher sieht heute das Corpus luteum als endokrine Drüse an. Was nun dieses Gebilde anbelangt, so war Born der erste, der die Vermutung geäußert hat, daß der vom Corpus luteum produzierte Stoff die Uterusschleimhaut zur Aufnahme des befruchteten Eies vorbereiten und die Weiterentwicklung des schon implantierten Eies begünstigen soll. Bestätigt wurde diese Annahme durch Experimente von L. Fränkel und L. Loeb. Wenn es zur Befruchtung nicht kommt, so bewirken nach der Meinung desselben Forschers die Corpora lutea die Menstruation. Es sezernieren nämlich die periodisch sich entwickelnden Corpora lutea im voll ausgebildeten Eierstock eine Substanz, die zyklische Änderungen in der Uterusschleimhaut bei der Menstruation auslöst. Es wurde festgestellt, daß die Ovulation beim Menschen im engen Zusammenhang mit der Menstruation steht. Die Ovulation nämlich und die ihr folgende Entwicklung des Corpus luteum findet stets um den 14. Tag vor der nächsten Menstruation statt und ruft zunächst die der Menstruation vorausgehenden Änderungen der Uterusschleimhaut und sodann die Monatsblutung selbst hervor.

Für diesen festen zeitlichen und ursächlichen Zusammenhang von Ovulation und Menstruation beim Menschen sprechen zahlreiche Experimente der letzten Jahre von L. Fränkel, R. Meyer, Ruge, Schröder, J. W. Miller, F. Cohn, Seitz.

Diese Untersuchungen haben ergeben, daß ein zeitlicher Parallelismus zwischen den Entwicklungsstadien des Corpus luteum und den zyklischen Menstruationsänderungen der Schleimhaut besteht. Zugleich mit dem Entstehen des Corpus luteum treten prämenstruelle Schleimhautveränderungen auf. Es sind rund 14 Tage nötig, damit das Corpus luteum den höchsten Grad seiner Entwicklung erreicht. Erst wenn die Rückbildungsprozesse im Corpus luteum einsetzen, folgen die Erscheinungen der Menstruationsblutung.

Andererseits darf die entgegengesetzte Anschauung über die Tätigkeit des Corpus luteum, d. i. seine menstruationshemmende Funktion, nicht verschwiegen werden (Prenant, Halban, Köhler). Nach Halbans Meinung bringt zwar die Entwicklung des Corpus luteum prämenstruelle Änderungen in der Uterusschleimhaut hervor, jedoch führen erst die Rückbildungsprozesse desselben die Blutung herbei.

In den letzten Jahren gelang es sogar Seitz und dessen Mitarbeitern, zwei Substanzen von entgegengesetzter Wirkung aus dem Corpus luteum auszusondern, eine blutungshemmende, das Luteolipoid, und eine andere, die Blutung hervorrufende, das Lipamin. Sie vermuten, daß das Luteolipoid im Corpus luteum erst

vom Höhepunkt seiner Entwicklung an auftrete, während der regressiven Veränderungen der Follikelzellen, das Lipamin dagegen schon im reifenden Follikel, kurz vor seinem Sprung oder im jungen Corpus luteum. Vom Verhalten dieser beiden im Corpus luteum entstehenden Stoffe soll der Menstruationsverlauf abhängen.

Was nun die interstitiellen Zellen bzw. die sog. interstitielle Drüse anbelangt, so sind wir auf Grund von zahlreichen Untersuchungen heute zu der Auffassung gelangt, daß das Material für die interstitiellen Zellen von den der Atresie erliegenden Follikeln geliefert wird, und zwar speziell von den stark wuchernden Zellen der Innenschicht der Theca folliculi (Limon, Bouin). Es würden also die interstitiellen Zellen bindegewebiger Herkunft sein. Die Follikelatresie entspricht zahlenmäßig ihrer Produktion. Deshalb ist die Follikelproduktion bei Tieren mit zahlreichen Jungen in demselben Wurf (Insektenfressern, Nagern, Fledermäusen) und dementsprechend auch ihre Atresie sehr stark und daraus resultiert wieder eine so starke Entwicklung der interstitiellen Drüse, daß sie neun Zehntel des ganzen Eierstocks ausmachen kann. Im Gegensatz dazu sind bei den Huftieren, Affen und Menschen, deren Wurf nur ein oder zwei Junge enthält, die interstitiellen Zellen schwach entwickelt, so daß man beinahe sagen konnte, die interstitielle Drüse sei hier auf der Schwundstufe. Als Entschädigung dafür finden wir bei diesen höher stehenden Säugergruppen stark entwickelte Corpora lutea, die einigermaßen eine Ersatzfunktion übernehmen, als Äquivalent für die schlecht entwickelte interstitielle Drüse (Aschner).

Bei manchen Säugergattungen treten, ähnlich wie beim Menschen, die interstitiellen Zellen in der Jugend stärker auf, verschwinden jedoch allmählich mit dem Herannahen der Geschlechtsreife.

Beim Menschen werden zugleich mit dem Auftreten des ersten Corpus luteum spurium die interstitiellen Zellen bis auf ein Minimum reduziert, so daß man also die interstitiellen Zellen und das Corpus luteum als gleichwertige und vikariierend wirkende Gewebe betrachten kann (Seitz, Fränkel, Biedl).

Beim Menschen entwickeln sich dann wieder die interstitiellen Zellen während der Schwangerschaft zahlreicher, als Folge der lebhaften Follikelatresie (Seitz, Wallart).

Die die beiden Bildungen zusammensetzenden Zellen zeigen, auch wenn sie verschiedenen Ursprungs sind, doch nicht nur in ihrem Gefüge und der Vaskularisation, sondern auch in ihrem Bau und ihren histochemischen Eigenschaften eine große Ähnlichkeit, denn beide enthalten fettartige Körnchen (Seitz, Wallart).

In der letzten Zeit gewinnt wieder die Anschauung an Boden (R. Meyer, Bucura, Aschner, Schröder), daß der eigentliche Zeugungsbestandteil des Eierstocks, die Eizelle selbst, die Hauptrolle in der inneren Sekretion des Ovariums spiele. Vom Schicksal der Eizelle soll nicht nur der Zustand des Zeugungsorgans selbst, sondern des ganzen weiblichen Organismus abhängen und das Corpus luteum wäre diesen Anschauungen gemäß eine endokrine Drüse, welche die Eizelle bzw. das befruchtete Ei durch ihr Innensekret unterstützt. Stirbt, nach dem Verlassen des Follikels, die Eizelle unbefruchtet ab, so unterliegt das Corpus luteum regressiven Veränderungen, und die Uterusschleimhaut, die, entsprechend umgestaltet, für die Aufnahme des befruchteten Eies gewissermaßen vorbereitet wird, erliegt dem Zerfall; dieser ganze Prozeß gibt sich äußerlich kund als Blutung und wird als Menstruation bezeichnet. Wird die Eizelle befruchtet, so kommt es nicht mehr zur Menstruation, denn das befruchtete Ei setzt sich an der vorher vorbereiteten Uterusschleimhaut fest und entwickelt sich weiter. Es wurde ferner nachgewiesen, daß die Uterusschleimhaut in ihren prämenstruellen Zeitabschnitten sich ganz und gar nicht von der sog. Decidua graviditatis unterscheidet (R. Meyer, Schröder), und weiter, daß das Corpus luteum menstruationis und graviditatis bezüglich ihrer Entstehung, ihres Baues und des Gehaltes an Lipoiden in den Anfangsstadien ihrer Entwicklung einander ähnlich sind, und daß die Unterschiede erst in späteren Entwicklungsstadien dieser Gebilde auftreten. Im Corpus luteum menstruationis lassen sich nämlich die Lipoide bereits sehr früh nach dem Absterben der unbefruchteten Eizelle mikrochemisch nachweisen, beim Corpus luteum graviditatis dagegen erst in der zweiten Hälfte der Schwangerschaft, in der ersten nur beim Abortus, d. h. wenn das befruchtete Ei abstirbt und ausgestoßen wird (Wiczyński).

Vom Standpunkte dieser Forschungsergebnisse aus wäre auch der ganze Menstruationsprozeß als ein Abortus zu betrachten, der sich durch das Zerfallen der Uterusschleimhaut kundgibt. Die letztere wird periodisch (einmal im Monat) zur Aufnahme der ebenfalls einmal im Monat reifenden Eizelle vorbereitet.

Die Arterien des Eierstockes, Äste der Aa. uterina und spermatica interna treten am Hilus in das Organ ein, verlaufen stark geschlängelt, korkzieherartig gewunden durch die Marksubstanz, teilen sich dabei fortwährend und bilden durch Anastomosierung in den peripheren Partien der Marksubstanz ein starkes Netzwerk. Von ihm treten feinere Zweige in die Rindensubstanz und zerfallen in Kapillaren, welche die einzelnen Follikel umspinnen und in die Theka eindringen. Die Venen sind anfangs relativ eng, verlaufen ähnlich wie die Arterien, werden aber in der Marksubstanz sehr weit und bilden im Hilus einen weiten Plexus.

Die Lymphgefäße des Ovariums entwickeln sich aus Spalträumen, welche die Follikel umgeben. Geschlossene Lymphgefäße treten erst in den inneren Partien der Rinde auf, sammeln sich in mehreren größeren Stämmen in der Marksubstanz und verlassen das Organ durch den Hilus.

Die Nerven, markhaltige und marklose, kommen aus den Plexus spermaticus und renalis. Sie dringen mit den Gefäßen in den Hilus ein und sind zum großen Teil Vasomotoren, endigen an den Gefäßen selbst. Ein Teil gelangt aber auch in die Rindensubstanz und umgibt jeden Follikel mit einem dichten Flechtwerk. Nach Retzius, v. Gawronski und Mandl dringen die Nervenfasern in die Follikel nicht ein, wie dies Riese und v. Herff behauptet haben. Dagegen fand Brill in den letzten Jahren, daß die Nerven nicht nur in der Membrana granulosa bis zur basalen Fläche der innersten Zellreihe vordringen, sondern auch die Corpora lutea und das interstitielle Drüsengewebe versorgen.

In der nächsten Nachbarschaft des Eierstocks finden sich dann noch zwei rudimentäre Organe, das Epoophoron und das Paroophoron.

Das Epoophoron (Nebeneierstock, Rosenmüllersches Organ, Parovarium) ist ein Urnierenrudiment und liegt zwischen Eierstock und Tube, zwischen den beiden Blättern des Lig. latum. Es besteht in seiner ausgeprägtesten Form aus einem mit der Tube parallel verlaufenden Kanal und mehreren in ihn einmündenden seitlichen Kanälchen. Der erstere, der Gartnersche Gang, stellt einen Rest des Wolffschen Ganges dar, die Kanälchen den Rest des kranialen Teils der Urniere. Die Kanälchen sind sämtlich mit flimmerndem Zylinderepithel ausgekleidet.

Das Paroophoron liegt zwischen den beiden letzten Ästen der A. spermatica interna, kurz vor ihrem Eintritt ins Ovarium. Es

besteht aus einer kleinen Gruppe gewundener Kanälchen, die den gleichen Bau zeigen wie die Kanälchen des Epoophoron und stellt ein Rudiment des kaudalen Abschnittes der Urniere dar.

b) Der Eileiter.

Der Eileiter, Tuba uterina (Fallopii), ist ein 7—14 cm langes Rohr, das medianwärts mit einem engen medianen Abschnitt, Isthmus tubae uterinae, in den Uterus mündet, lateralwärts unter allmählicher Verbreiterung, Ampulla tubae uterinae, in einen Trichter, Infundibulum tubae uterinae, mit vielfach ausgefranstem Rande, Fimbria tubae uterinae, ausläuft, der frei in die Bauchhöhle mündet.

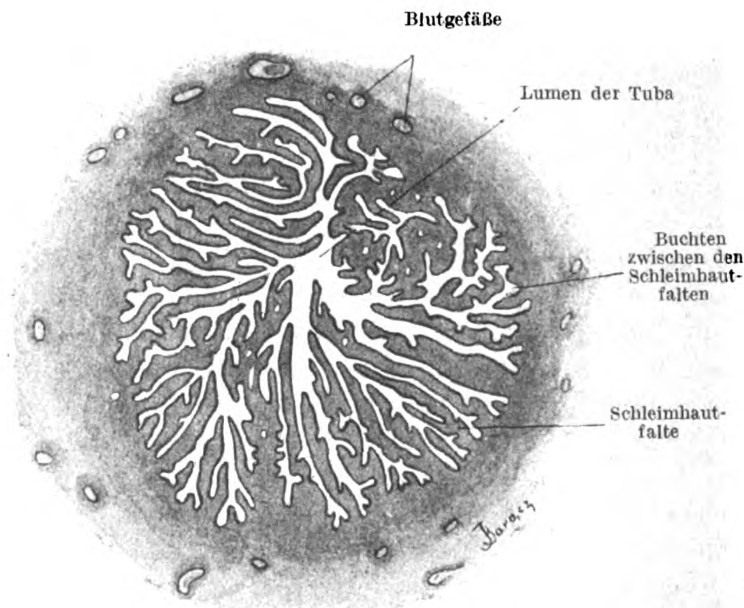


Fig. 263. Querschnitt durch die Eileiterampulle eines jungen Weibes. Ca. 25mal vergrößert.

In seiner Wandung können wir von innen nach außen Schleimhaut, Submukosa, Muskularis und Bauchfellüberzug unterscheiden.

Die Schleimhaut legt sich in zahlreiche, in den verschiedenen Abschnitten des Eileiters verschieden hohe Längsfalten; im Isthmus relativ niedrig, werden sie in der Ampulle außerordentlich hoch und tragen zahlreiche sekundäre verzweigte Falten, welche das Tubenlumen für das unbewaffnete Auge vollkommen ausfüllen (Fig. 263). Die Schleimhaut setzt sich mit ihren Längsfalten durch das enge Ostium abdominale auch auf die Fimbrien fort, deren längste, Fimbria ovarica, medianwärts umbiegend, nicht selten bis zum lateralen Pol des Eierstocks reicht. Das Epithel der Schleimhaut ist

ein einschichtiges flimmerndes Zylinderepithel. Die Zellen sind 15—20 μ hoch, ihre Flimmern schlagen nach dem Ostium uterinum zu (Fig. 264). Neben Flimmerzellen gibt es aber auch Zellen ohne Flimmern, die sich mit basischen Farbstoffen färben lassen und mit Sekretkörnern angefüllt sind. Es hat sich gezeigt, daß die Flimmerzellen hauptsächlich zu der Zeit, in welcher das Ei die Tuba passiert, in ihrem Innern Sekretkörner produzieren, Flimmern und Basalkörperchen verlieren und in das Lumen des Eileiters ein schleimartiges Sekret absondern. Nach Abschluß der Sekretionsphase nehmen die Zellen wiederum die Eigenschaften von Flimmerzellen an (Moreaux, Nicolas, Bouin, Limon, Frommel, Chrobak, Rosthorn, Mandel). Die Propria ist sehr zellenreich und grenzt sich gegen die Submukosa durch eine dünne, aus längsverlaufenden glatten Muskelbündeln bestehende Muscularis mucosae ab. Drüsen kommen nach den Befunden der meisten Beobachter in der Tubenschleimhaut nicht vor.

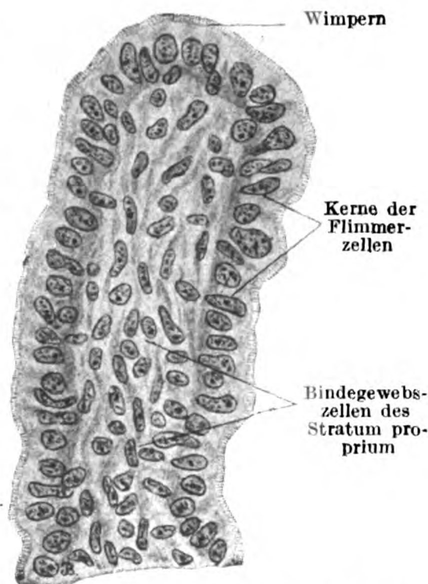


Fig. 264. Aus einem Schnitte durch die Schleimhautfalte einer menschlichen Tuba Fallopii.

Ca. 480mal vergrößert.

Die Submukosa ist ein sehr lockeres, stark entwickeltes Bindegewebe.

Die Muskularis besteht aus inneren zirkulär und äußeren längsverlaufenden glatten Muskelzügen. Sie ist im Bereich des Isthmus am stärksten entwickelt, nach der Ampulle zu verdünnt sie sich unter gleichzeitiger Verdickung der Schleimhaut. Die Ringmuskeln übertreffen im Isthmus die Längsmuskeln weit an Mächtigkeit, in der Ampulle halten sich beide Schichten ungefähr das Gleichgewicht.

Die Serosa, die äußere Schicht der Tubenwand, zeigt die allgemeinen Bauverhältnisse des Peritoneums, sie ist mit der Längsmuskelschicht durch ein lockeres subseröses Bindegewebe verbunden.

Mit Arterien ist die Tubenschleimhaut reich versorgt. Ihre Venen bilden einen an der unteren Kante des Organs entlang ziehenden Plexus.

Die Lymphgefäße entstehen aus Lymphspalten der Schleimhaut, sammeln sich in zwei bis drei Stämmchen und münden in die kranialen Lymphstämme des Uterus.

Die Nerven treten mit den Arterien in die Längsmuskelschicht und bilden hier einen dichten Plexus, aus dem feine Fäserchen zu den Muskelzellen und ins Epithel steigen (v. Gawronski, v. Herff).

c) Die Gebärmutter.

Die Gebärmutter, Uterus, ist in ihrer Hauptmasse ein muskulöses Organ, in dem das befruchtete Ei seine weitere Entwicklung durchmacht bis zur völligen Reife des Fetus. Sie entwickelt sich aus den miteinander verschmolzenen kaudalen Enden der Müllerschen Gänge, deren kaudalster Abschnitt die Vagina liefert.

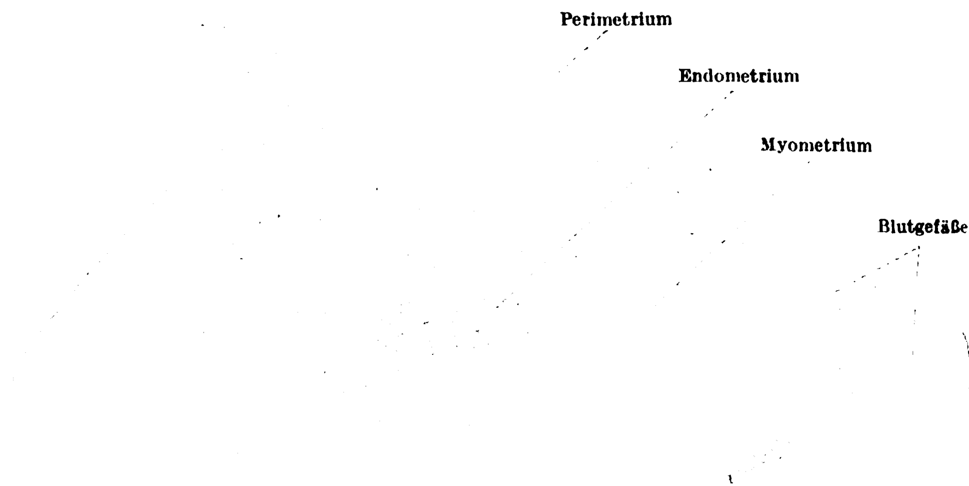


Fig. 267. Querschnitt des Uteruskörpers einer erwachsenen Frau. Übersichtsbild. Schwache Vergrößerung.

Wir unterscheiden in der Uteruswand von innen nach außen die Schleimhaut oder das Endometrium, die Muskularis oder das Myometrium und die Serosa oder das Perimetrium. Eine Submukosa fehlt dem Uterus (Taf. LVI, Fig. 265, Taf. LVII, Fig. 266 u. Fig. 267).

Die Schleimhaut, welche nach Eintritt der Pubertät bis 1 mm dick ist, kleidet das ganze Innere des Uterus aus und geht an dem äußeren Muttermund in die Schleimhaut der Portio vaginalis über. Im Fundus uteri ist sie sehr weich und liegt faltenlos der Muskularis an, in der Zervix dagegen ist sie fester und bildet ein System von Falten, die Plicae palmatae, die in ihrer Gesamtheit ein baumförmiges Aussehen zeigen. Das Schleimhautepithel ist ein einschichtiges Zylinderepithel, dessen Zellen im Fundus niedriger (25 bis 30 μ), in der Zervix höher (35—60 μ) sind (Fig. 268). Während die Zellen beim Neugeborenen noch keine Flimmern tragen, ent-

wickeln sich solche bei Beginn der Pubertät (Wyder). Die Flimmern schlagen ebenso wie die der Tube gegen den äußeren Muttermund hin. Neben dem Flimmerepithel können auch nicht flimmernde Epithelstrecken vorkommen, deren Zellen Sekretionserscheinungen aufweisen. Beim Menschen fehlen die Flimmern zur Zeit der Menstruation, bei Tieren ist der Uterus von einem sezernierenden Zylinderepithel bedeckt, welches nur vorübergehend Flimmerbesatz erkennen läßt (Mandl). Das Epithel des Corpus uteri ist von dem der Zervix verschieden. Während die Zellen des Zervixepithels immer in seiner ganzen Ausdehnung ausgesprochene Schleimfärbung (mittels Muzikarmin) zeigen (Hitschmann, Adler, Büttner, Graul), nimmt die Korpusepithelzelle eine Schleimfärbung, wenigstens in ihrem basalen Teile, niemals an (Büttner). Am inneren Rand des äußeren Muttermundes geht das Zylinderepithel des Cavum uteri in das geschichtete Plattenepithel der Portio vaginalis über, bekleidet diese und geht im Fornix vaginae in das Scheidenepithel über (Taf. LVII, Fig. 266 u. Taf. LVIII, Fig. 269).

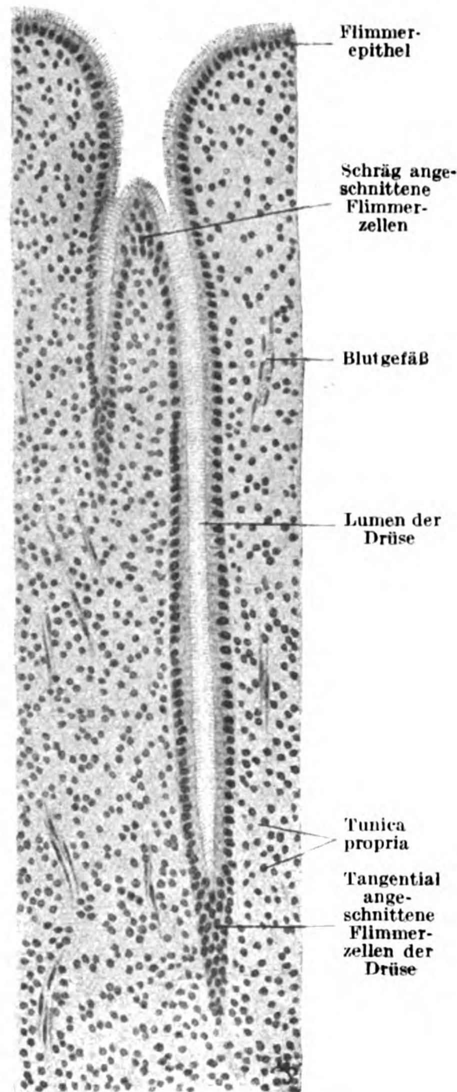


Fig. 268. Aus einem Schnitte durch die Uterusschleimhaut des Affen.
Ca. 180mal vergrößert.

Die Propria setzt sich gegen das Epithel durch eine strukturlose Basalmembran ab, ist außerordentlich zellreich und wird von manchen Forschern (Leopold, Nagel) für ein retikuläres Gewebe gehalten, bestehend aus sternförmigen, anastomosierenden Zellen, in dessen Maschen Lymphozyten liegen und das eine reich entwickelte homogene Zwischensubstanz umschließt. Andere dagegen sehen in ihr nur ein sehr feinfaseriges, zellreiches Bindegewebe. Die Propria enthält keine elastischen Fasern.

Die Uterusschleimhaut ist reich an Drüsen; sie bieten im Fundus

und in der Zervix verschiedene morphologische Eigentümlichkeiten dar. Die Drüsen des Fundus, Glandulae uterinae (Fig. 268) sind einfache, meist unverzweigte seltener dichotomisch verästelte, tubulöse Drüsen, nehmen in den tieferen Partien oft einen geschlängelten Verlauf und dringen bis in die Muskularis hinein. Ausgekleidet sind sie mit dem Oberflächenepithel, dessen Flimmern nach der Drüsenmündung zu schlagen (Lott). Die Drüsen der Zervix, Glandulae cervicales, sind dagegen verzweigte alveolär-tubulöse Schleimdrüsen (Taf. LVII, Fig. 266 u. Taf. LVIII, Fig. 269). Vereinzelte Drüsen zeigen schon unter normalen Verhältnissen Zeichen der Sekretion, die während der Menstruation bedeutend zunimmt. Das Sekret der sämtlichen Uterindrüsen bildet eine glasige, fadenziehende, schleimige Masse, durch deren Retention in den Zervikaldrüsen kleine Zystchen in der Zervikalschleimhaut, die Ovula Nabothi, entstehen.

Die Muskularis des Uterus bildet die mächtigste der Schichten. Sie besteht aus glatten Muskelzellen, die im jungfräulichen Uterus 50—60 μ lang sind, während der Schwangerschaft aber auf das Zehnfache ihrer Länge anwachsen, um später wieder zu ihren ursprünglichen Dimensionen zurückzukehren. Man kann vier aus solchen Fasern zusammengesetzte Schichten in der Uteruswand unterscheiden (Kreitzer). Unter der Schleimhaut liegt ein wesentlich längs verlaufendes Stratum submucosum. Darauf folgt das die Hauptmasse der Muskulatur umfassende, vorwiegend zirkuläre Stratum vasculare, in dem die großen Gefäßstämme sich finden Es wird nach außen bedeckt von dem aus längs und zirkulär verlaufenden Bündeln zusammengesetzten Stratum supravasculare und von der Serosa durch eine dünne Längsmuskelschicht, das Stratum subserosum getrennt (Taf. LVI, Fig. 265). Zwischen den Muskelbündeln finden sich elastische Fasern in großer Zahl. Sie zweigen sich teils von den elastischen Netzen der großen Gefäßstämme ab, teils treten sie aus der die Serosa gegen die Muskularis abgrenzenden elastischen Grenzmembran heraus und durchsetzen senkrecht zur Oberfläche die Muskulatur (Pick). Nur die innersten Schichten unterhalb der Propria sind frei von elastischen Fasern.

Die Serosa sitzt der Muskularis dicht auf und wird von ihr durch die erwähnte elastische Grenzschicht getrennt. Ein subseröses Bindegewebe fehlt vollständig, deshalb läßt sich auch die Serosa von der Muskularis nur sehr schwer trennen.

Die Arterien der Gebärmutter, Äste der Aa. uterina und ovarica, treten in die Muskularis ein und verzweigen sich vor allem in den mittleren Schichten, daher der Name Stratum vasculare. Von ihnen dringen Zweige zur Schleimhaut und bilden hier ein reiches bis unter die Basalmembran reichendes und die Drüsen eng umstrickendes Kapillarnetz. Die austretenden Venen treten zu einem ersten Plexus

in der Propria und dann zu einem zweiten in den mittleren Schichten der Muskularis zusammen.

Die Lymphgefäße bilden drei Netze, ein tiefes in der Propria, ein mittleres in der Muskularis und ein oberflächliches in der Serosa (Poirier). Sie vereinigen sich jederseits zu vier bis sechs, die A. uterina begleitenden Stämmchen, nehmen die im Lig. latum verlaufenden Stämme auf und treten in die Lymphoglandulae lumbales ein.

Die Nerven des Uterus stammen aus dem Zervikalganglion, Plexus uterovaginalis und aus den Vesikalganglien, Plexus vesicalis. Sie bilden in der Muskularis ein außerordentlich reiches Nervennetz, aus dem Zweige zu den Muskeln und Gefäßen gehen und ins Epithel treten, um zwischen dessen Zellen frei zu enden. Markhaltige Fasern finden sich im Uterus nur sehr spärlich, Ganglienzellen niemals (Labhardt).

In gewissen Lebensphasen des Weibes spielen sich an der Gebärmutter und vor allem an ihrer Schleimhaut wichtige Veränderungen ab, mit welchen wir uns hier kurz befassen wollen. Sie fallen in die Zeit der Menses und in die Zeit der Schwangerschaft.

Menstruation (Menses) nennen wir den Blutaustritt aus der Uterusschleimhaut ins Lumen der Gebärmutter und von dort her nach außen, der sich gewöhnlich regelmäßig alle 28 Tage während des ganzen Geschlechtslebens des Weibes wiederholt. Das erste Vorkommen der Menstruation, das in unseren Breitegraden gewöhnlich ins 14. Lebensjahr fällt, bezeichnet den Beginn der Pubertät, sein Ausbleiben (Menopause) im 45. bis 50. Lebensjahr, fällt mit dem Erlöschen der Zeugungsfähigkeit des Weibes zusammen.

Das Wesen der Menstruation macht jedoch die Blutung selbst nicht aus; die letztere ist nur eine Teilerscheinung eines allgemeinen Prozesses, der sich in gleichen, genau bestimmten Zwischenräumen im Organismus einer geschlechtsreifen Frau wiederholt. Die Menstruation beruht auf Veränderungen der Uterusschleimhaut, die zyklisch und in Verbindung mit dem reifenden Ei auftreten. Der Kreis dieser Veränderungen zerfällt in mehrere Perioden, die mit bestimmten mikroskopischen Änderungen im Bau der Uterusschleimhaut verbunden sind. Wir verdanken den Nachweis einer ganzen Reihe solcher zyklischen Veränderungen vor allem Hitschmann und Adler und in letzter Zeit R. Schröder. Die genannten Änderungen beruhen vor allem auf einer bedeutenden Hyperämie, die sich bereits 10 Tage vor der eigentlichen Menstruation (Blutung) einstellt. Die ganze Uterusschleimhaut schwillt durch Trans- und Exsudation in die Grundsubstanz an. Die Blutgefäße sind ungewöhnlich stark erweitert und mit Blut gefüllt, ja es soll sogar nach einigen Forschern zur Neubildung von Gefäßen kommen (Heape — bei den Affen). Der Hyperämie

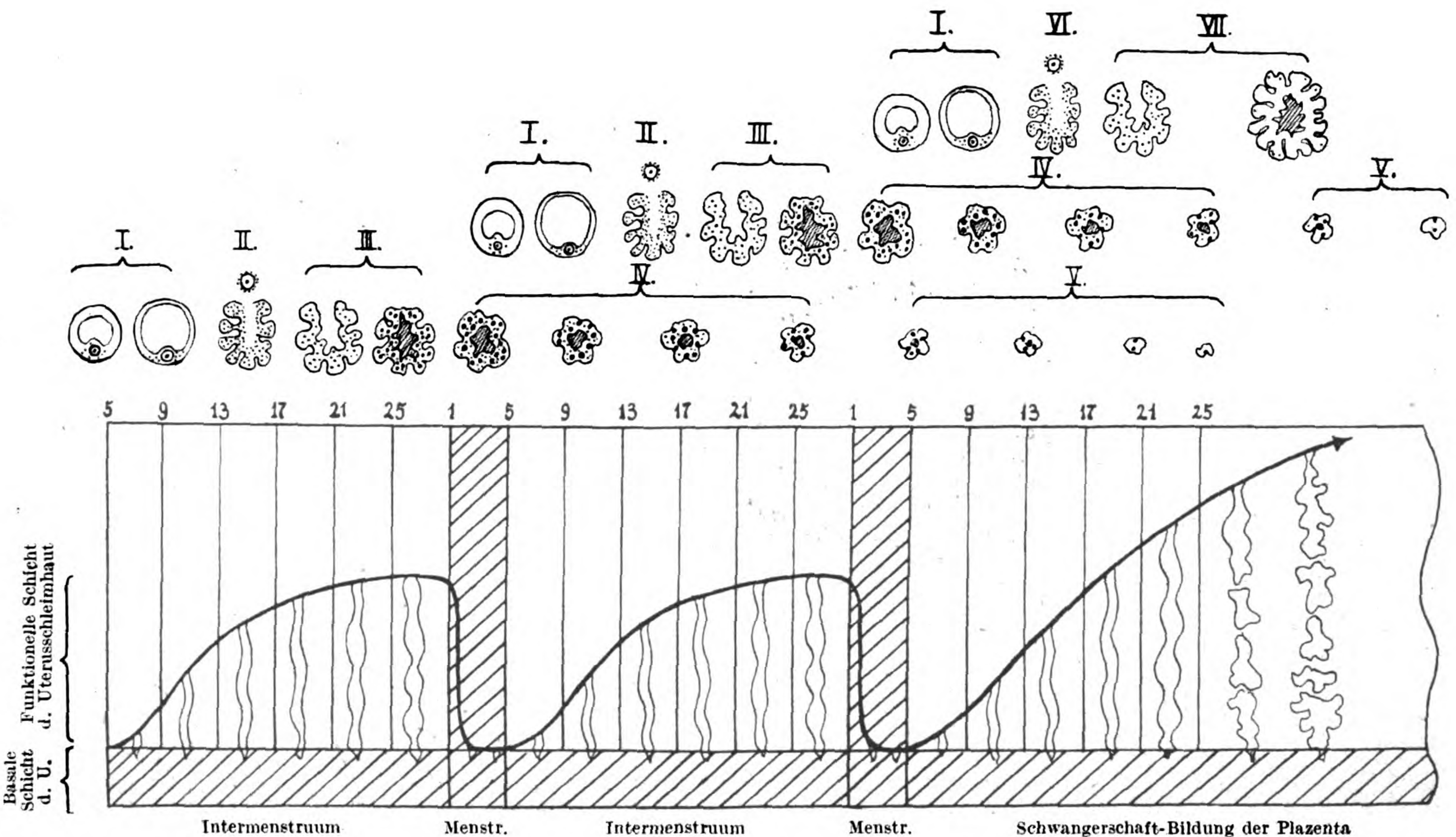


Fig. 270. Schematische Darstellung der Beziehungen zwischen Ovulation und Menstruation sowie zwischen Ovulation und Schwangerschaft (nach Schröder modif. von Wiczyński). Die Wellenlinie gibt die Höhenänderung der Uterusschleimhaut an verschiedenen Tagen des Menstruationszyklus und der Schwangerschaft. Die schraffierten Säulen entsprechen der Blutungszeit. Oben sind die Umwandlungen eines Ovarialfollikels bis zur Bildung des Corpus albicans dargestellt.

I Wachsender Eifollikel, II Ovulation, III Corpus luteum menstruationis, IV Rückbildung des Corpus luteum, V Corpus albicans, VI Ovulation und Befruchtung, VII Corpus luteum graviditatis.

folgt eine Wucherung der oberflächlichen Schleimhautschichten, die sich in die Decidua menstrualis verwandeln. Die Schleimhaut wird bis 6 mm dick. Dieser Prozeß ist die Folge einer bedeutenden Vermehrung der homogenen Zwischenzellensubstanz der Propria, wie auch der zelligen Elemente dieser Schicht und der Epithelzellen. Dies beweisen zahlreiche Mitosen, welche Mandl während der Menstruation in der Propria und im Epithel nachgewiesen hat. Das Epithel verliert während der Menstruation seine Flimmern, die inselweise 4 Tage nach den Menses wieder erscheinen. Der überwiegende Teil der Uterindrüsen wächst an und zeigt Veränderungen, die mit einer Steigerung der Sekretion einhergehen, ja in manchen Drüsen sieht man eine Ansammlung von Schleim und Erweiterung des Drüsenlumens, so daß die Uterusschleimhaut knapp vor der Menstruation der Decidua vera der Schwangerschaft ähnlich ist. Diese Tatsachen berechtigen zur Annahme, daß der Zweck aller der sich in der Uterusschleimhaut während der Menstruation abspielenden Vorgänge die Vorbereitung der Uterinschleimhaut zur Aufnahme des befruchteten Eies ist (vgl. Eierstock).

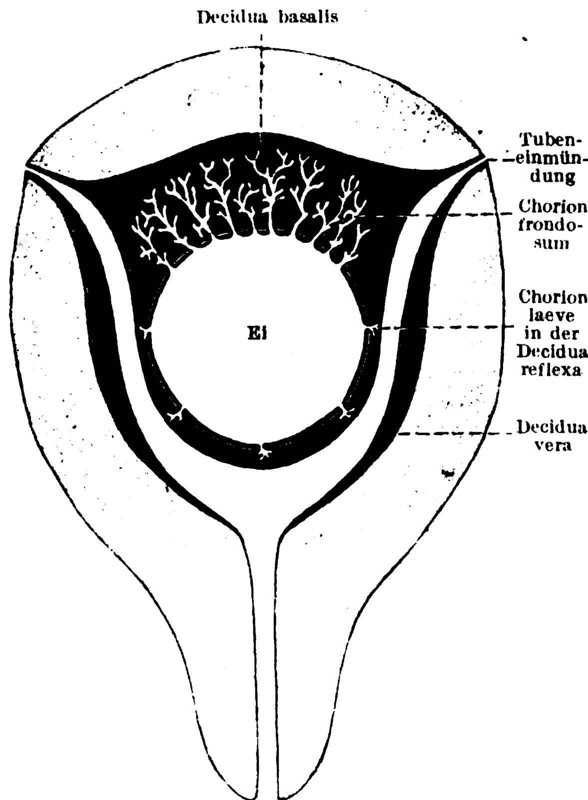


Fig. 271. Schema der Einbettung des Eies in die Uterusschleimhaut während der Schwangerschaft.

Außerdem findet auch ein Blutaustritt in die subepithelialen Schleimhautschichten statt zum Teil durch Berstung der Kapillarwände, zum Teil wieder durch Auswanderung (Diapedesis) der roten Blutkörperchen durch die Kapillarwände hindurch. Das Epithel wird durch solche Blutergüsse streckenweise von der Propria in Fetzen abgehoben, nekrotisiert an diesen Stellen, zerfällt und wird nach außen entleert. Dadurch erfolgt die Blutung in das Cavum uteri, wobei das Blut mit den Fetzen der Decidua menstrualis als Menses nach außen abfließt. Diese Menses dauern normalerweise ungefähr 4 Tage.

Dann werden im Laufe von weiteren vier bis fünf Tagen die entstandenen Epitheldefekte wieder ersetzt; die Zellen des Oberflächen- und des Drüsenepithels vermehren sich durch indirekte Teilung und schieben sich über die entblößten Stellen herüber. Gleichzeitig werden auch die Propriadefekte ersetzt, die Blutgefäße schwellen ab und die Schleimhaut kehrt im Laufe der nächsten Tage zur Norm zurück, um bald wieder den erwähnten Änderungen neu zu unterliegen. (Als Übersicht über den ganzen Menstruationszyklus mag das graphische Schema der Fig. 270 dienen.)

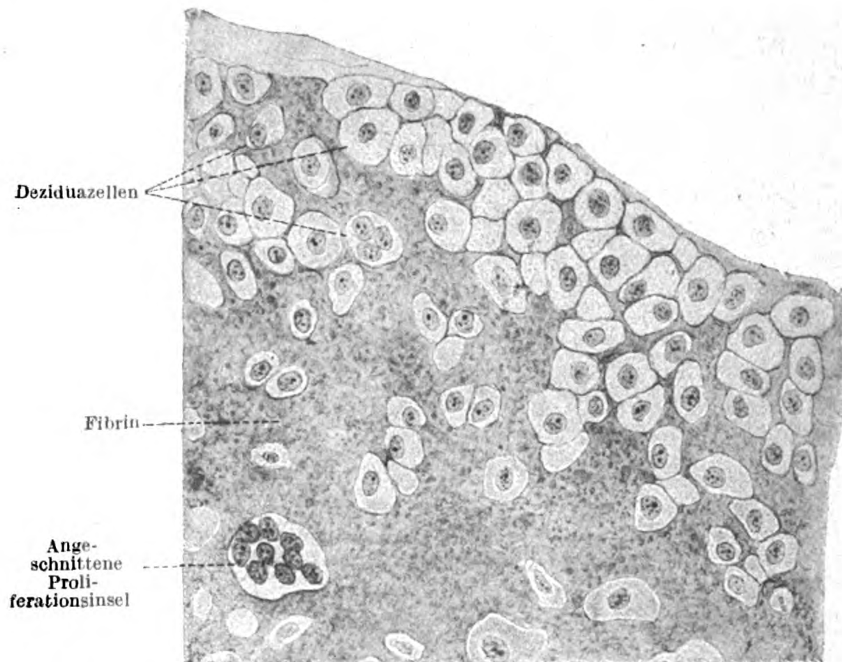


Fig. 272. Aus einem Schnitt durch eine menschliche Plazenta aus dem fünften Schwangerschaftsmonate (Stück der Placenta uterina).

Ca. 400mal vergrößert.

Der Uterushals nimmt an der Menstruation nicht teil, er sezerniert bloß mehr Schleim. In der Tubenschleimhaut treten nach der Meinung mancher Autoren im Zusammenhange mit der Menstruation ähnliche Veränderungen wie im Uterus auf. Es soll danach sogar zur Tubenblutung kommen (Wendler, Hirschberg), dem widersprechen aber Beobachtungen von A. Czyżewicz.

Viel tiefgreifender sind die Veränderungen, welche die Uterusschleimhaut während der Schwangerschaft erleidet, nach deren Beendigung sich fast die ganze Gebärmutterschleimhaut als Decidua graviditatis abstößt. Wir unterscheiden in derselben drei Bezirke:

1. Die **Decidua basalis** oder **Decidua serotina** ist derjenige Teil der Uterusschleimhaut, an dem sich das befruchtete Ei festsetzt und an welchem sich später der Mutterkuchen, die Plazenta, bildet. Sie wird daher auch als Decidua placentalis bezeichnet.

2. Die **Decidua capsularis** oder **Decidua reflexa** ist derjenige Teil der Uterusschleimhaut, welcher das Ei umwächst und einhüllt.

3. Die Decidua vera ist die übrige durch die Einpflanzung des Eies veränderte Schleimhaut der Gebärmutter.

Wir wollen mit der näheren Besprechung der letzteren beginnen. An der Uterusschleimhaut spielen sich während der Schwangerschaft Veränderungen ab, welche denen entsprechen, die sich bei der Menstruation einstellen. Sie liefern eine Schleimhaut, die bis zum Ende des fünften Schwangerschaftsmonats stetig an Dicke zunimmt und einen Durchmesser von 1 cm erreicht.

In erster Linie findet eine Erweiterung und Verlängerung der Gefäße statt, dann aber wachsen auch die Drüsen stark in die Länge und erweitern sich an ihrem Grunde buchtig. Da überdies in der Propria und namentlich in ihren oberflächlichen Teilen die Bindegewebszellen mächtig wuchern, können wir nun an der Decidua vera eine äußere kompakte und eine innere spongiöse Schicht unterscheiden.

Die sich vermehrenden Bindegewebszellen liefern die Deziduazellen. Es sind das 30—100 μ große, rundliche oder polyedrische Elemente, die Epithelzellen recht ähnlich sehen. Sie besitzen meistens einen, seltener mehrere Kerne, ausnahmsweise enthalten sie sogar bis zu 40 Kerne und werden dann als Riesenzellen bezeichnet (Fig. 272).

Diese Deziduazellen liegen besonders dicht und haufenweise in der kompakten Schicht, in der die Drüsen gestreckt verlaufen und durch das stark gewucherte Zwischengewebe auseinander gedrängt erscheinen. In der spongiösen Schicht beschränken sie sich auf die schmalen Septen von Zwischengewebe, welche die großen, buchtigen Hohlräume der erweiterten und stark geschlängelten unteren Drüsenpartien trennen.

Das Oberflächenepithel schwindet vollständig, dagegen vermehrt sich das Drüsenepithel, seine Zellen platten sich ab und müssen sich in die Breite dehnen, um die vergrößerten Drüsen auskleiden zu können.

In der zweiten Hälfte der Schwangerschaft, ungefähr mit Beginn des sechsten Monats, treten innerhalb der Decidua vera gewisse Veränderungen auf, welche durch den von seiten der wachsenden Frucht ausgeübten Druck veranlaßt werden. Sie führen zu einer bedeutenden

Verdünnung der Decidua vera, deren Durchmesser gegen Ende der Schwangerschaft nur noch ca. 2 mm beträgt.

Es handelt sich dabei im wesentlichen um Rückbildungsprozesse. Das Drüsenepithel degeneriert mit alleiniger Ausnahme der der Muskularis benachbarten Drüsenenden. Von ihnen aus erfolgt dann auch

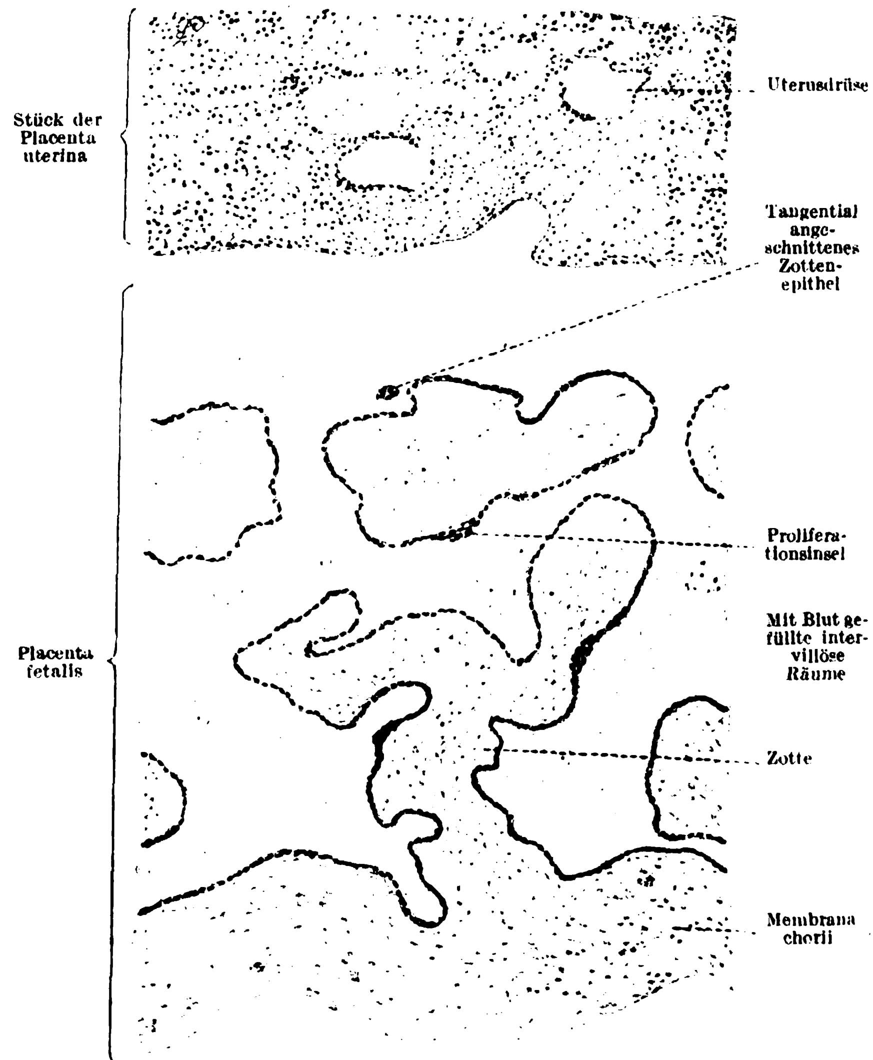


Fig. 273. Querschnitt durch eine menschliche Plazenta aus dem zweiten Schwangerschaftsmonat. (Nach einem Präparat von Prof. Mars.)
Ca. 50mal vergrößert.

nach der Ausstoßung der Frucht die Regeneration des Drüsenepithels. Schon um die Mitte der Schwangerschaft lassen sich die Drüsenmündungen nicht mehr erkennen, da sie nach Zerfall des Epithels obliterieren. Die Drüsenhohlräume in der spongiösen Schicht wandeln sich in Spalten um, die parallel zur Uteruswand gestellt sind.

Die Decidua reflexa entsteht durch Faltenbildung aus der Decidua vera und hat auch ursprünglich einen ganz ähnlichen Bau wie jene, verdünnt sich jedoch später bis auf 0,5 mm. Mit der Verdünnung stellen sich auch wesentliche Strukturänderungen ein, welche nach Minot auf einer hyalinen Degeneration beruhen und vor der Beendigung der Schwangerschaft zum völligen Schwund dieser Schicht führen; nach Leopold dagegen verkleben durch den Druck der wachsenden Frucht Decidua vera und reflexa miteinander.

Auch die Decidua serotina hat ursprünglich den gleichen Bau wie die Decidua vera, tritt jedoch später mit den von der Frucht gelieferten Eihüllen in Verbindung und liefert die Plazenta (Mutterkuchen).

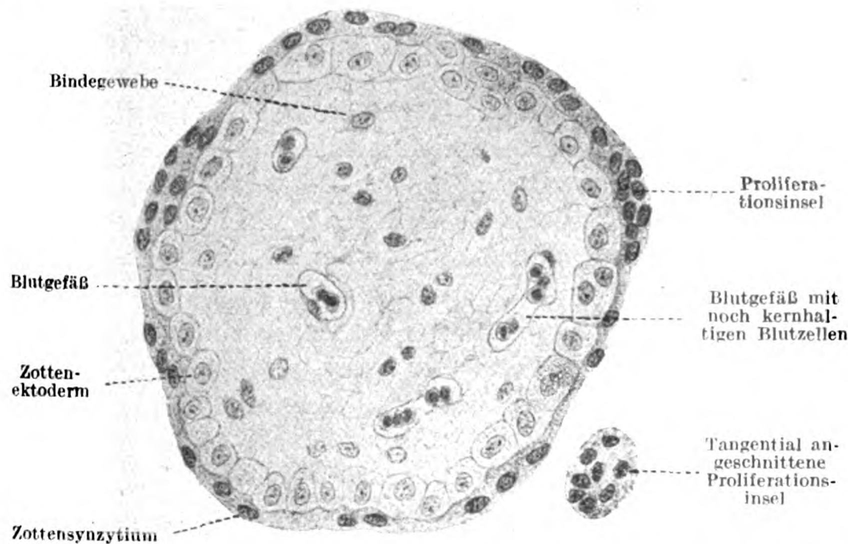


Fig. 274. Querschnitt einer menschlichen Chorionzotte aus dem fünften Schwangerschaftsmonate.

Ca. 300mal vergrößert.

An der Plazenta müssen zwei Teile unterscheiden, deren einer die Placenta fetalis, von der Frucht geliefert wird, deren anderer veränderte Uterusschleimhaut darstellt, Placenta uterina oder Placenta materna (Fig. 273).

Die Placenta fetalis besteht aus einer bindegewebigen Membran, der Membrana chorii, welche nach außen, d. h. gegen die Innenfläche des Uterus, zahlreiche verästelte Zotten entwickelt (daher auch Chorion frondosum genannt). Die Zotten sind zu größeren Büscheln, den Kotyledonen vereinigt.

Mit der der Frucht zugekehrten Fläche verklebt die Membrana chorii vom dritten Schwangerschaftsmonat an mit der zweiten Embryonalhülle, dem Amnion. Das letztere besteht aus einem ein-

schichtigen Plattenepithel und einer bindegewebigen Grundlage. Das erstere kleidet die ganze Amnionhöhle aus, die letztere verklebt mit der Membrana chorii.

In die Membrana chorii treten von der Nabelschnur aus zwei Arterien, sie verästeln sich reichlich und führen das Blut vom Embryo zur Placenta fetalis. Zu jedem Kotyledo tritt ein arterieller Ast, zerfällt in feine Ästchen, von denen jedes ein in jeder Zotte gelegenes Kapillarnetz bildet.

Ein Teil der Zotten endet frei (sog. freie Ausläufer, Kölliker), ein anderer Teil dagegen senkt sich mit der Spitze in die Placenta uterina und geht mit ihr eine immer festere Verbindung ein. Diese Spitzen bezeichnen wir als Haftwurzeln. Ihre Verbindung mit der Placenta uterina wird eine so feste, daß man die letztere von der Placenta fetalis von der Mitte der Schwangerschaft an nicht mehr trennen kann.

Die Membrana chorii besteht aus Bindegewebe, das anfangs dem embryonalen Gallertgewebe gleicht, sich aber später zu faserigem Bindegewebe umbildet. Auch die Grundlage des Zottenkörpers bildet ein solches Gallertgewebe, das sich in den kleineren Zotten erhält, in den gröberen Zottenstämmen jedoch sich zu fibrillärem Bindegewebe umwandelt (Fig. 273, 274).

Das Epithel, welches die ganze Membrana chorii und ihre Zotten kontinuierlich bekleidet, läßt schon im ersten Schwangerschaftsmonat eine Zusammensetzung aus zwei deutlich getrennten Lagen erkennen. Die innere, dem Bindegewebe aufliegende Schicht besteht aus Zellen mit einem hellen Protoplasma und deutlichen Zellgrenzen. Es ist das Chorion- bzw. Zottenektoderm und wird nach seinem Entdecker gewöhnlich als Langhanssche Zellschicht bezeichnet (Fig. 274).

In der äußeren Epithellage lassen sich dagegen einzelne Zellen nicht mehr gegeneinander abgrenzen, sondern man erkennt nur innerhalb einer gemeinsamen protoplasmatischen Außenzone zahlreiche, dicht gedrängte Kerne. Wir haben es hier also mit einem Synzytium, dem Chorion- bzw. Zottensynzytium zu tun. Beide Schichten setzen sich scharf gegeneinander ab, da das Protoplasma des Zottensynzytiums sich stärker färbt und kleinere Kerne enthält als die Zellen des Zottenektoderms.

Gegen die Mitte der Schwangerschaft, ungefähr vom fünften Monat an, beginnt das Zottenektoderm sich rückzubilden, so daß dann die Zotten fast nur noch vom Synzytium bedeckt werden. Nur an einzelnen Stellen erhält es sich und bildet auf der Membrana chorii und den Zotten Verdickungen, vor allem treffen wir es an den Zottenspitzen als Zellknoten oder Zellsäulen an. Auch das Synzytium

verdickt sich stellenweise zu den sogen. Proliferationsinseln (Fig. 274).

Gegen das Ende der Schwangerschaft verschwindet auch das Synzytium. An seiner Stelle tritt eine homogene, stark lichtbrechende Substanz auf, welche zahlreiche Lücken und Spalten enthält und als kanalisiertes Fibrin oder Hyalin bezeichnet wird. Seine Menge nimmt stetig zu (Fig. 275). Seine Herkunft ist ebenso wie die des Synzytiums noch nicht ganz aufgeklärt, während über die Abstammung des Zottenektoderms vom Embryo keine Zweifel bestehen.

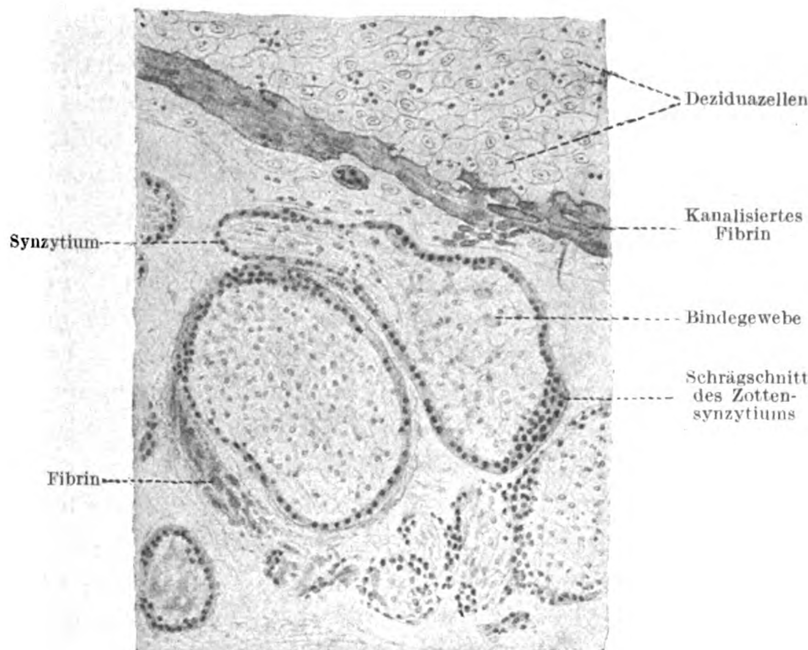


Fig. 275. Aus einem Durchschnitte durch eine menschliche Plazenta aus dem fünften Schwangerschaftsmonate.

Ca. 80mal vergrößert.

Die Zotten ragen frei in weite, mit mütterlichem Blut gefüllte Räume, die wir als intervillöse Räume bezeichnen. Es werden so die Zotten gleichsam vom mütterlichen Blut umspült. Die Ansichten über die Herkunft und Bedeutung dieser Räume gehen weit auseinander. Es ist diese Frage mit der Frage nach der Herkunft des Zottensynzytiums eng verknüpft.

Nach der einen, gegenwärtig am meisten verbreiteten Ansicht (Virchow, Turner, Ercolani, Leopold, Waldeyer, Keibel, Selenka, Martens) entsprechen die intervillösen Räume den ungemein erweiterten Blutkapillaren der mütterlichen Schleimhaut. Man

muß sich vorstellen, daß in einem frühen Entwicklungsstadium das Chorion und die Decidua serotina sehr eng aneinander liegen und daß das beiderseitige Epithel verklebt. Es wachsen dann die Zotten in das Deziduagewebe hinein, in dem sich die Blutkapillaren zu einem ausgedehnten Kavernensystem erweitert haben. Letzteres umfaßt ringsum die Zotten, so daß sie im mütterlichen Blute flottieren. Als Beweis dafür, daß die intervillösen Räume den erweiterten mütterlichen Blutgefäßen entsprechen, wird angeführt (Turner, Leopold, Waldeyer, Keibel), daß an einzelnen Stellen der intervillösen Räume platte Zellen sich nachweisen lassen, welche der Epithelauskleidung der mütterlichen Gefäße entsprechen. Durch Waldeyer vorgenommene Injektionen stützen diese Ansicht.

Nach der anderen Ansicht (Kölliker, Langhans, Hofmeyer, Minot, Mars, Nowak) stammen die intervillösen Räume von demjenigen Hohlraum ab, der ursprünglich zwischen den nur lose und vor allem nur mittels der Zottenspitzen verbundenen Placentae uterina und fetalis bestand. Es würde sich also um einen interplazentalen Spaltraum handeln, der ursprünglich kein Blut enthält und sich erst später, wenn sich die mütterlichen Gefäße in ihn öffnen, mit Blut füllt. Fast alle Anhänger dieser letzten Ansicht betrachten beide Schichten des Chorionüberzuges als kindlichen Ursprunges und namentlich soll das Synzytium ein Produkt des Differenzierungsprozesses des darunter liegenden Zottenektoderms bilden.

Der mütterliche Anteil der Plazenta, die Placenta uterina, wird von der Decidua serotina gebildet. Sie unterscheidet sich in manchen Punkten von den beiden anderen Deziduen.

Vom fünften Monat an entwickeln sich in ihr große, vielkernige Riesenzellen, die in der reifen Plazenta in großer Zahl sich vorfinden.

Von ihrer der Placenta fetalis zugewandten Fläche springen dickere oder dünnere bindegewebige Septen, Septa placentae, zwischen die Chorionzotten vor, ohne jedoch die Membrana chorii zu erreichen. Nur in den Randpartien der Plazenta kommt es zu einer Verwachsung beider in Form des subchorialen Schlußringes (Waldeyer). Es bilden diese Septen innerhalb der Plazenta eine große Zahl von Fächern, in deren jedes ein Büschel Zotten, ein Kotyledo, hineinragt.

Was die Zirkulation innerhalb der Plazenta betrifft, so treten durch die Muskularis des Uterus und die Spongiosa zahlreiche Arterienstämme in den äußeren Teil der Placenta uterina ein. Dabei verlieren die in charakteristischen Spiraltouren verlaufenden Arterien ihre Muskulatur und ihr elastisches Gewebe, so daß ihre aus Epithel und spärlichem Bindegewebe bestehende Wand den Deziduazellen direkt anliegt. Nach wenigen Verästelungen treten sie in die Septen ein und öffnen sich in die intervillösen Räume (Fig. 276).

Auch die Venen entwickeln sich direkt aus diesen Räumen, so daß die letzteren als stark erweiterte Kapillaren aufgefaßt werden müssen. Die Venen öffnen sich in die intervillösen Räume vornehmlich zwischen den Septen, der Mitte des Kotyledo gegenüber, die arteriellen Öffnungen liegen dagegen auf den Septen selbst, so daß

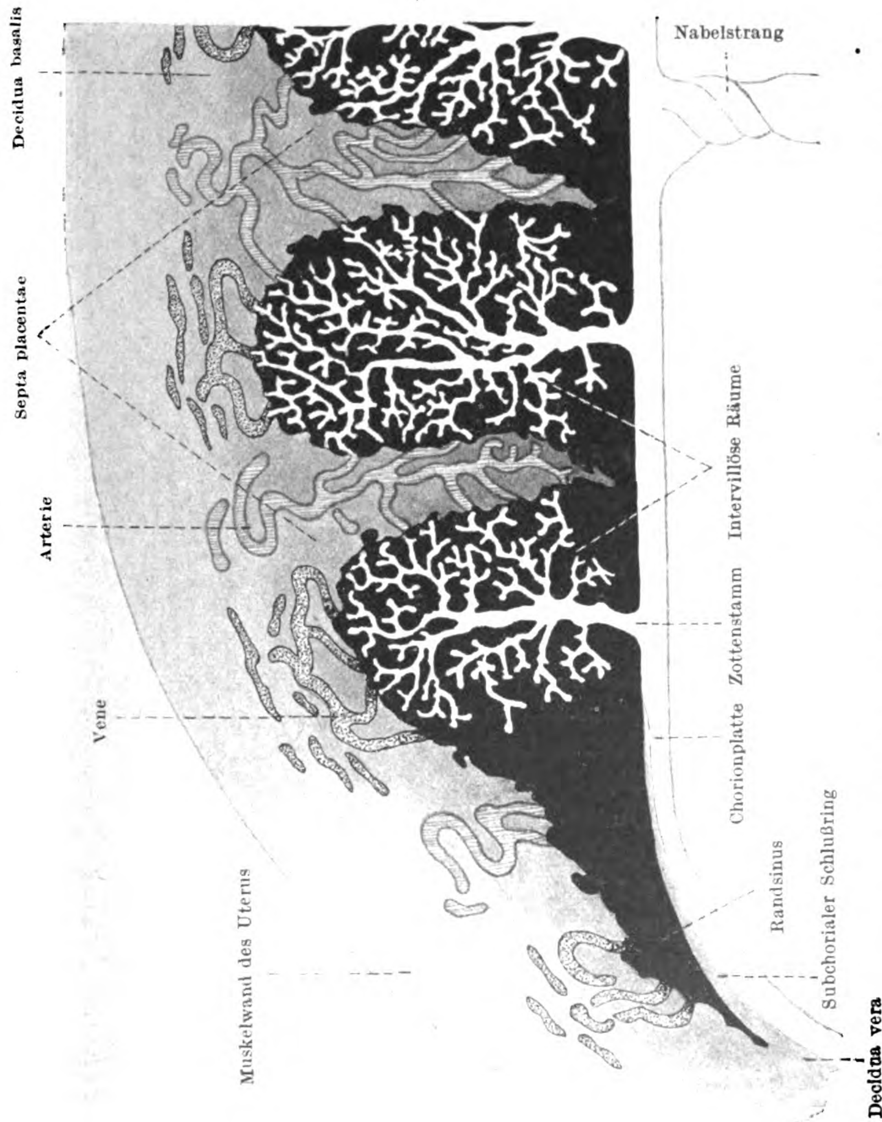


Fig. 276. Schema der menschlichen Plazenta. $2^1/_2$ Kotyledonen und der Rand der Plazenta dargestellt.

das Blut vom Rande zum Zentrum des Kotyledo strömt, um hier abzufließen (Bumm und S. Klein).

Jeder Kotyledo stellt seinen eigenen Strombezirk dar, von seinem Nachbar jedoch nur unvollkommen geschieden, denn die Septen erreichen ja, wie früher erwähnt, die Membrana chorii nicht.

Es enthalten so die intervillösen Räume mütterliches Blut, während die Zotten fetales Blut führen. Mütterliches und fetales Blut sind getrennt durch das Zottenepithel und die Kapillarwand, durch welche hindurch der Austausch der Blutgase stattfindet. Eine direkte Mischung beider Blutarten aber hat nirgends statt.

d) Die Scheide.

Die Scheide, Vagina, ist ein 8—10 cm langes Rohr, welches mit seinem oberen Abschnitt, dem Scheidengewölbe, Fornix vaginae, die Portio vaginalis uteri umfaßt und unten mit seinem Orificium externum in das Vestibulum vaginae, den schon den äußeren Genitalien angehörigen Vorhof, übergeht. Scheide und Vorhof werden im jungfräulichen Zustand getrennt durch eine halbmondförmige Falte, den Hymen.

An der Scheidenwandung kann man von innen nach außen unterscheiden: die Schleimhaut, die Submukosa, die Muskelhaut und die Faserhaut.

Die Schleimhaut der Scheide legt sich im jungfräulichen Zustand in eine Anzahl querverlaufender Falten (Rugae), welche sich in der Mitte der Vorder- und Hinterwand zu je einem Längswulst vereinigen, der Columna rugarum anterior und posterior. Die Schleimhaut wird bedeckt von einem bis zu 200 μ dicken, geschichteten Plattenepithel; es kann in seinen oberflächlichsten Zellagen Eleidintröpfchen enthalten, ist also schon im Vorstadium des Verhornungsprozesses begriffen. Das Epithel kleidet die gesamte Scheidenhöhle aus, schlägt sich im Fornix auch auf die Portio vaginalis uteri über und geht am inneren Ende des äußeren Muttermundes in das flimmernde Zylinderepithel der Uterusschleimhaut über (Taf. LVII, Fig. 266).

Die Propria der Schleimhaut besteht aus einem an elastischen Fasern außerordentlich reichen Bindegewebe. Sie ragt in Form dünner langen Papillen in das Epithel. Die Propria ist sehr gefäßreich und enthält viel lymphoides Gewebe, manchmal in Form kleiner Follikel, Noduli lymphatici vaginales. Drüsen fehlen der Scheidenwand vollständig. Die sich in der Scheide immer findende schleimige Flüssigkeit ist der abgeflossene Uterinschleim, der hier saure Reaktion annimmt, vielleicht durch Bakterienwirkung.

Die Submukosa ist ein lockeres, ebenfalls an elastischen Fasern sehr reiches Bindegewebe.

Die Muskelhaut der Scheide zeigt eine innere, dünne, inkonstante Ringmuskelschicht und eine mächtige, äußere Längsmuskelschicht. Beide bestehen aus glatten Muskelzellen. Zu ihnen gesellt sich am Orificium externum noch ein den Scheideneingang um-

kreisender, aus quergestreiften Fasern bestehender Ringmuskel, Sphincter vaginae.

Die Faserhaut stellt ein lockeres Bindegewebe dar und verbindet die Scheide mit den Nachbarorganen. In ihr verlaufen die großen Gefäßstämme.

Die Arterien der Scheide stammen aus den Aa. vaginales und haemorrhoidalis media, sie verzweigen sich in der Muskelhaut, Submukosa und Propria und bilden Kapillarschlingen in den Papillen der letzteren. Die Venen bilden mächtige Plexus, vor allem in der Faserhaut, sie fließen ab in die Plexus uterovaginalis und vesicalis.

Auch Lymphgefäßnetze sind in der Scheide in großer Ausdehnung vorhanden, besonders in der Muskelhaut und der Propria. Sie münden teils in die Lymphoglandulae inguinales superficiales, teils in die Lymphoglandulae rectales.

Die Nerven der Scheide stammen teils aus dem Plexus uterovaginalis, teils aus dem Plexus vesicalis. In ihren Verlauf sind zahlreiche Ganglienzellen eingeschaltet. Sie endigen an den Muskeln und frei im Schleimhautepithel.

Der Hymen ist eine Duplikatur der Vaginalschleimhaut. Auf seiner inneren Fläche ist er mit Scheidenepithel, auf seiner äußeren mit Vorhofsepithel bedeckt, das sich von jenem durch stärkere Verhornung auszeichnet.

e) Der Kitzler.

Der Kitzler, Clitoris, entspricht entwicklungsgeschichtlich dem dorsalen Teil des Penis und besteht wie dieser aus zwei Schwellkörpern, denen sich nach vorne die kleine Glans clitoridis anschließt. In bezug auf den Bau dieser Teile kann auf das beim Penis Gesagte verwiesen werden.

Die Glans clitoridis ist von der Vorhofsschleimhaut überzogen, sie ist an Nerven außerordentlich reich. Ihre Propria bildet starke Papillen.

f) und g) Die großen und die kleinen Schamlippen.

Die Schamlippen, Labia majora und minora, sind Hautduplikaturen: die großen Schamlippen Duplikaturen der äußeren Haut, die kleinen Schamlippen Duplikaturen der Vorhofsschleimhaut. Dementsprechend sind die großen Labien mehr oder weniger behaart, die kleinen Labien dagegen unbehaart. Talgdrüsen finden sich in beiden. Die Schamlippen bestehen aus lockerem Bindegewebe, das von einem geschichteten Epithel überzogen wird. In dem ersteren finden sich zahlreiche elastische Fasern und viele Fettzellen. Von den Blutgefäßen wären besonders die starken Venenplexus der großen Labien zu erwähnen. Mit Nerven, teils frei im Epithel, teils in be-

sonderen Endkörperchen endigenden, sind die Schamlippen reichlich versehen.

h) Der Scheidenvorhof.

Als Scheidenvorhof, Vestibulum vaginae, bezeichnen wir jenen Raum, der von den kleinen Labien umschlossen wird und in den die Harnröhre und die Vagina ausmünden. Außerdem münden in ihn noch zwei den Cowperschen Drüsen des Mannes entsprechende Drüsen, die Glandulae vestibulares majores oder Bartholinischen Drüsen. Sie zeigen genau den gleichen Bau wie die Cowperschen Drüsen, so daß auf das dort Gesagte verwiesen werden kann.

Als Glandulae vestibulares minores bezeichnet man kleine, verzweigte tubulo-alveoläre Schleimdrüsen. Sie finden sich in der nächsten Umgebung des Orificium externum vaginae, vor allem zwischen ihm und dem Orificium externum urethrae.

Anhang: Befruchtungsprozeß.

Der gesamte Organismus der höheren Tiere ist das Produkt der fortgesetzten Teilung einer einzigen Zelle, der Eizelle. Bevor das Ei sich zur Teilung anschicken kann, muß es befruchtet werden, d. h. es muß sich die weibliche Eizelle mit der männlichen Samenzelle vereinigen. Die kleine, bewegliche Samenzelle (Samenfaden) nähert sich dem größeren, unbeweglichen Ei und dringt in das letztere hinein. Dann kommt es zu einer Verschmelzung der beiderseitigen Kerne, des Eikerns und des Samenkerns. Eben in dieser Verschmelzung (Amphimixis) liegt das Wesentliche der Befruchtung. Wie schon oben, bei der Besprechung der Mitose, betont wurde, ist die Anzahl der bei der Teilung der Zelle auftretenden Chromosomen für jede Art konstant. Nach der Befruchtung, also nach der Verschmelzung des Eikerns mit dem Samenkern, müßte sich demnach die Zahl der Chromosomen im Kern des befruchteten Eies verdoppeln. Um dem vorzubeugen, findet vor der Befruchtung sowohl in den männlichen als auch in den weiblichen Geschlechtszellen ein als Reduktion des Chromatins bezeichneter Vorgang statt, der darin besteht, daß die Zahl der Chromosomen auf die Hälfte reduziert wird. Dieser Vorgang, der gleichsam eine Vorbereitung und Vorbedingung für den Befruchtungsprozeß ist, spielt sich während der sog. Reifung ab und besteht in einer zweimaligen Teilung (Reifeteilungen), während welcher die Chromosomenzahl um die Hälfte verkleinert wird. Durch die Verschmelzung von Ei- und Samenkern, welche beide nun nur noch die Hälfte der Chromosomen somatischer Zellen besitzen, entsteht der Kern des befruchteten Eies mit der für die betreffende Art charakteristischen Chromosomenzahl. Von diesem Furchungskern leiten sich alle Kerne des späteren Organismus ab.

Der Samenfaden verläßt die männlichen Geschlechtsorgane schon im fertigen, reifen Zustand, die Reduktion des Chromatins findet bei ihm schon während seiner Entwicklung, also während der Spermiogenese statt, worüber S. 292 Näheres zu finden ist.

Die definitive Reifung des Eies dagegen erfolgt meistens später; sie kann auch erst vor sich gehen, wenn sich der Samenfaden dem Ei nähert, ja sogar erst dann, wenn der Samenfaden bereits ins Eiprotoplasma eingedrungen ist. Es wird dabei das überschüssige Chromatin in Form von zwei kleinen Körpern, den Richtungskörpern (Polzellen) aus dem Ei ausgestoßen.

Der Prozeß der Reifung und Befruchtung ist bei einer großen Anzahl von Tieren auf das genaueste studiert worden, vor allem bei wirbellosen Tieren, bei denen auch zuerst das Wesen des Befruchtungsvorganges von O. Hertwig erkannt wurde. Obgleich der Reifungsvorgang bei verschiedenen Tieren zahlreiche Modifikationen erfährt, wird er doch in seinen allgemeinen Umrissen ganz verständlich, wenn wir seinen Verlauf beim Pferdespulwurm (Ascaris megalocephala bivalens) kennen lernen, bei dem er wegen der geringen Chromosomenanzahl sehr klar sich abspielt. Letztere beträgt hier nämlich in allen Körperzellen (den somatischen Zellen) stets vier. Wir wollen also zuerst diesen Prozeß an diesem klassischen Material besprechen und die Reifungsvorgänge beider Geschlechtselemente miteinander vergleichen.

Den Ausgangspunkt für die künftigen Geschlechtselemente bilden im Hoden die Ursamenzellen — Spermiogonien, im Eierstock die Ureier — Oogonien. Diese vermehren sich mitotisch, wobei immer vier Chromosomen auftreten; dann wachsen sie, wobei namentlich die Eier eine beträchtliche Größe erlangen und werden nun als Samen- und Eimutterzellen — Spermiozyten und Oozyten bezeichnet. Jetzt gehen diese Elemente in das Reifestadium über. Bei der Spermiogenese erfährt während der ersten Reifeteilung schon früh, in der Prophase, ein jedes der vier Chromosomen der Spermiozyten eine Längsspaltung, so daß ihre Zahl 8 beträgt. Je vier von ihnen legen sich nebeneinander und bilden Gruppen, die man Tetraden oder Vierergruppen genannt hat (Fig. 277, 1). Während der Metaphase ordnen sich die Tetraden in der Mitte der Spindel derart an, daß von einer jeden von ihnen je zwei Chromosomen sich den entgegengesetzten Polen der Spindel zuwenden und während der Anaphase den dort befindlichen Zentrosomen näherrücken und als Dyaden bezeichnet werden können (Fig. 277, 2, 3). Die Spermiozyte zerfällt hierauf durch Einschnürung in zwei gleich große Tochterzellen, die Spermiozyten II. Ordnung, von denen eine jede je vier Chromosomen erhält. Die Durchschnürung ist noch nicht beendigt, als bereits weitere Veränderungen aufzutreten be-

ginnen, welche zur zweiten Teilung führen. Jedes Zentrosom zerfällt in zwei, die in entgegengesetzten Richtungen auseinander rücken

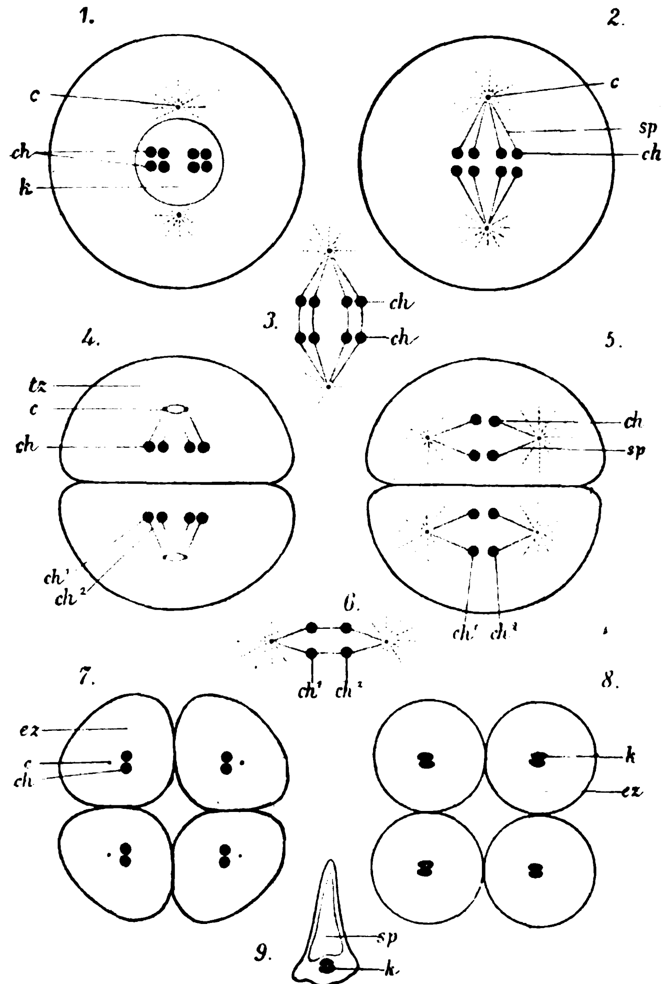


Fig. 277. Schema der Spermiogenese von Ascaris megaloc. bival. Nach O. Hertwig. Entwicklung der Samenkörper aus der Samenmutterzelle (Spermiozyte).

1. Samenmutterzelle mit zwei Vierergruppen (*ch*) (Tetraden) im Kern (*k*). *c* Zentrosom mit Strahlung.

2. Dieselbe im Teilstadium mit Spindel (*sp*) und zwei Vierergruppen (*ch*).

3. Spindel eines nächstfolgenden Stadiums, auf dem sich jede Tetrade in zwei Chromosomenpaare (Dyaden) gesondert hat.

4. Zwei aus der Teilung der Samenmutterzelle entstandene Tochterzellen (*tz*) (Spermiozyte II. Ordnung), von denen jede die halbe Spindel mit zwei Chromosomenpaaren (Dyaden) (*ch*) einschließt das Zentrosom hat sich wieder in zwei Tochterzentrosomen geteilt, zwischen denen sich eine neue kleine Spindel anlegt.

5. Die neue Spindel (*sp*) in jeder Spermiozyte II. Ordnung hat sich vergrößert und in ihrer Mitte die beiden Chromosomenpaare (ch^1 und ch^2) aufgenommen.

6. An der Spindel haben sich die Chromosomen (ch^1 und ch^2) eines jeden Paares voneinander getrennt und den beiden Spindelpolen genähert.

7. Die beiden Spermiozyten II. Ordnung haben sich in vier Enkelzellen (*cz*) der Spermiozyte oder in die vier Spermiden geteilt. Von diesen birgt jede nur zwei Chromosomen [ein Element von jeder Vierergruppe der Fig. 1 und ein Zentrosom (*c*)].

8. Die zwei Chromosomen der Spermiden (ez) platten sich aneinander ab und bilden schließlich einen kleinen kompakten kugeligen Kern (*k*).

9. Jede Spermide wandelt sich in einen Samenkörper (*sp*) von der Form einer Spitzkugel um (*k* = Kern).

(Fig. 277, 4). Sobald die Durchschnürung der Mutterzelle beendet ist, ordnen sich die Chromosomen — die beiden Dyaden — der Tochterzellen sofort, also unter Überspringung des Ruhestadiums, zu einer zweiten Kernteilungsfigur an (Fig. 277, 5). In der Mitte einer neugebildeten Spindel sind die Chromosomen der beiden Dyaden nach entgegengesetzten Polen gerichtet (Fig. 277, 6). Ohne eine Längsspaltung zu erfahren, werden sie in zwei gleiche Gruppen verteilt, die in entgegengesetzten Richtungen auseinandergehen, worauf

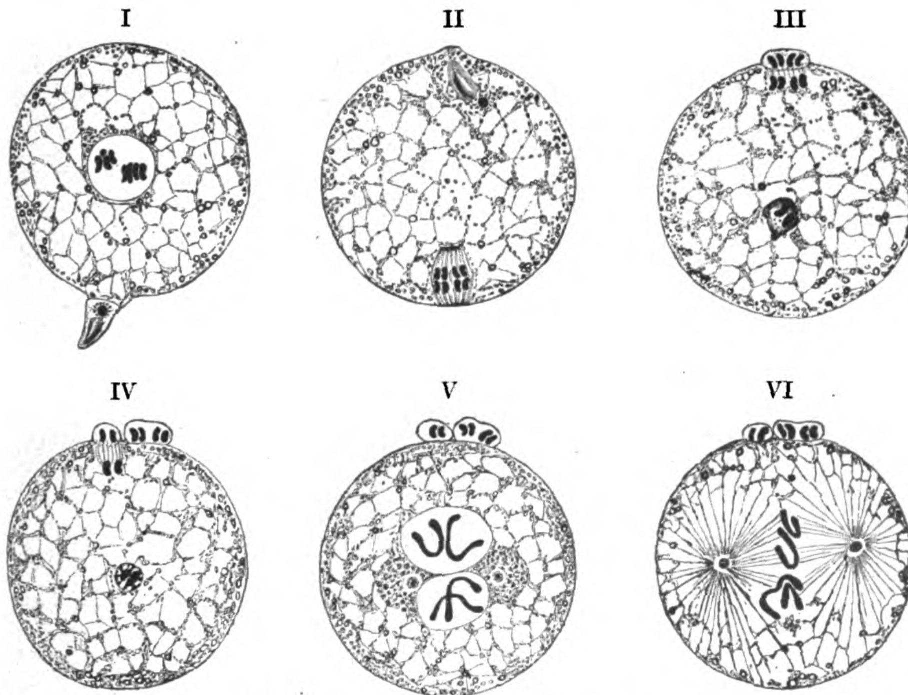


Fig. 278. Die Bildung der Polzellen und die Befruchtung des Eies von Ascaris megalocephala bivalens (nach O. Hertwig).

I Ei mit Keimbläschen und einem seiner Oberfläche aufsitzenden Samenkörper. II Ei, bei welchem sich aus dem Keimbläschen die erste Polspindel gebildet hat und der Samenkörper in die Oberfläche des Dotters eingedrungen ist. III Ei, bei welchem sich die erste Polzelle gebildet hat. IV Ei, bei welchem sich die zweite Polzelle abgeschnürt hat und der Samenkörper bis in die Mitte des Dotters gewandert ist. V Ei mit zwei Polzellen, mit Eikern und Samenkern, in welchem sich das Chromatin in je zwei Kernsegmenten angeordnet hat. VI Ei, in welchem sich die Kernspindel mit vier Kernsegmenten ausgebildet hat, von welchen zwei vom Eikern, zwei vom Samenkern abstammen.

die zweite Einschnürung beginnt. Die Spermiozyte II. Ordnung ist in zwei Spermiden zerlegt worden (Fig. 277, 7), von denen jede nur zwei Chromosomen enthält. Es besitzt somit eine jede Spermide, die sich weiterhin in einen reifen Samenfaden umwandelt, die Hälfte der für jede Körperzelle typischen Zahl der Chromosomen.

Einigermaßen anders beschreiben manche Forscher diesen Prozeß bei anderen Tieren, indem sie die Reduktion während der Teilung der Spermiozyten I. Ordnung in Spermiozyten II. Ordnung annehmen.

Auf Einzelheiten kann jedoch an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Während der Oogenese zerfällt das Chromatin der Oozyte — ähnlich wie das der Spermiozyte während der Spermiogenese — in Chromosomen, die schon in früher Prophase gespalten werden, sich in zwei Vierergruppen ordnen (Fig. 278, I) und in die Mitte der Spindel zu liegen kommen. Dabei tritt an jedem Pol ein Zentralkörperchen mit Strahlung auf. Ursprünglich in der Mitte des Eies gelegen, rückt nun die ganze Teilungsfigur gegen die Eioberfläche hin (Fig. 278, II). Die immer stärker gegen die Eiperipherie andrängende Teilungsfigur buchtet nun das Protoplasma der Oozyte an einer Stelle in Form einer kleinen Knospe vor, in welche eine Hälfte der Teilungsfigur eintritt, die also die Hälfte der Chromosomen, einen Zentralkörper und einen Teil der Spindelfasern enthält. Diese Knospe schnürt sich vom Körper der Oozyte ab und als Resultat dieser inäqualen Teilung entsteht eine kleine Zelle, die sog. erste Polzelle (erster Richtungskörper) und eine unverhältnismäßig größere Oozyte II. Ordnung (Fig. 278, III). Aber trotz dieses enormen Größenunterschiedes enthält eine jede der beiden Tochterzellen doch die Hälfte, d. i. zwei Paare von Chromosomen oder zwei Dyaden. Jetzt folgt unmittelbar eine zweite, ebenfalls inäquale Teilung (Reduktionsteilung), welche ganz anders als die erste verläuft. Die in der Oozyte II. Ordnung zurückgebliebenen Tochterchromosomen der ersten Richtungsteilung machen nämlich die Anaphase nicht durch, sondern gehen gleich vom Monasterstadium in das des Diasters über, ohne daß (wie bei der gewöhnlichen Mitose) eine Spaltung (Metakinese) erfolgt (Fig. 278, IV). Es gruppieren sich nämlich die von der ersten Teilung im Ei zurückgebliebenen Chromosomen in zwei Reihen, deren jede die Hälfte der ursprünglichen Chromosomen enthält. Der so entstandene Diaster schiebt sich unter die Eioberfläche, letztere dabei etwas nach außen vorbauchend. In diese knospenförmige Ausbauchung rückt die eine Hälfte der Chromosomen ein, während die andere, die demnach der Hälfte der Chromosomen somatischer Zellen entspricht, im Ei zurückbleibt. Die beiden aus der zweiten Teilung hervorgegangenen, bezüglich ihrer Größe wieder sehr ungleichen Zellen — das reife Ei und die zweite Polzelle — enthalten nun bloß je zwei Chromosomen, also immer nur ein einziges Element von den beiden Vierergruppen.

Bei manchen Tieren unterliegt gleichzeitig auch die erste Polzelle einer nochmaligen Teilung, so daß als Endprodukte der beiden Reifeteilungen ein reifes Ei und drei Polzellen entstehen können, welch letztere als Abortiveier zu betrachten sind.

Beim Vergleiche der beiden Reifeteilungen während der Ei- und Samenbildung sehen wir, daß das Endprodukt der beiden Reife-

teilungen dargestellt wird bei der Samenbildung durch vier reife Samenfäden, bei der Eibildung dagegen nur durch ein reifes (befruchtungsfähiges) Ei und drei Polzellen.

Die folgende graphische Darstellung (nach Boveri abgeändert von O. Hertwig) veranschaulicht in übersichtlicher Weise den ganzen Vorgang der Samen- und Eibildung (Fig. 279).

In letzter Zeit sind bei manchen Tierarten, vornehmlich bei vielen Insektengruppen, in den Kernteilungsfiguren der Spermiogonien und Spermiozyten außer den gewöhnlichen Chromosomen anders gestaltete sog. akzessorische Chromosomen, Heterochromosomen, X-Chromosomen nachgewiesen worden, die sich von den

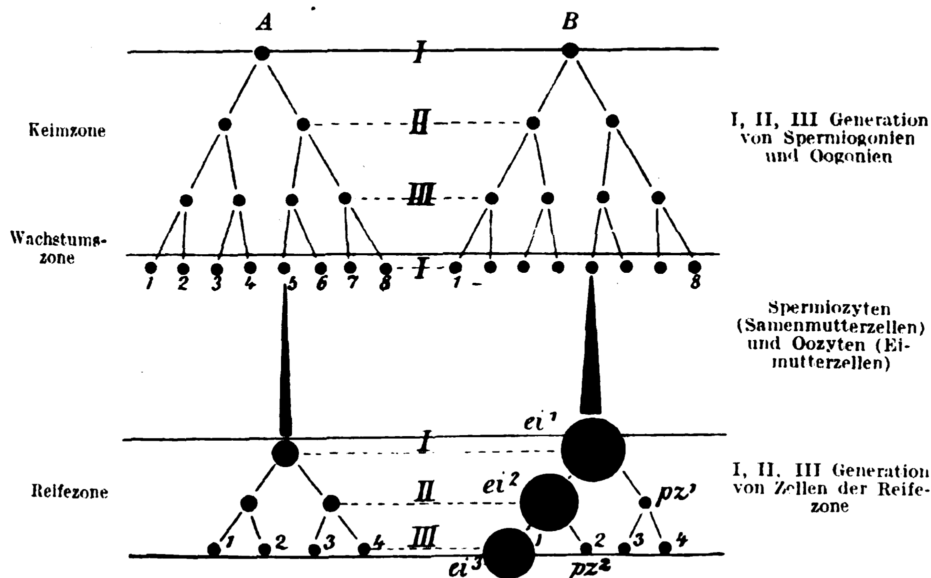


Fig. 279. **Stammbaum der Zellgenerationen, welche bei der Samenbildung (*A*) und bei der Eibildung (*B*) aufeinander folgen, abgeändert nach Boveri.**

ei^1 unreifes Ei (Eimutterzelle, Oozyt erster Ordnung) teilt sich in ei^2, Oozyt zweiter Ordnung, und pz^1 erste Polzelle. Erstere teilt sich wieder in reifes Ei (ei^3) und pz^2 zweite Polzelle, die erste Polzelle (pz^1) kann ebenfalls noch eine weitere Generation (3 und 4) hervorbringen.

ersteren durch Gestalt, Größe und auch ihr Verhalten während der Reifeteilungen unterscheiden (Henking, Montgomery, Mc Clung, Wilson). Bei der Teilung der Spermiozyte in die beiden Spermiozyten II. Ordnung wird nämlich das Heterochromosom nur auf eine derselben ungeteilt übertragen. Bei der zweiten Reifeteilung entstehen weiterhin Spermiden mit und ohne Heterochromosomen, die sich dann auch in zwei Arten von Samenfäden umwandeln, von denen die eine Art ein durch Größe und Färbbarkeit leicht unterscheidbares Heterochromosom enthält. Weil diesen Chromosomen von vielen Forschern eine große Bedeutung beim Entstehen des männlichen und weiblichen Geschlechts zugeschrieben wird, nannte

man sie auch Geschlechtschromosomen. Je nachdem die Eier durch Samenfäden mit oder ohne Heterochromosomen befruchtet werden, sollen sich aus ihnen Individuen männlichen oder weiblichen Geschlechts entwickeln.

Einen ähnlichen Dimorphismus der Samenfäden hat man in letzter Zeit auch beim Menschen beschrieben (Montgomery, v. Winiwarter).

Wir wollen uns jetzt dem Befruchtungsprozeß zuwenden und denselben an einem ausgezeichneten Objekt erläutern, nämlich an einer Schnecke, Physa fontinalis, wo er sich in seinen feinsten Einzelheiten aufs beste beobachten läßt (Kostanecki und Wierzejski). Der Prozeß der Eireifung besteht bei Physa ganz so wie bei Ascaris in der zweimaligen inäqualen mitotischen Teilung der Eizelle, als deren Endprodukte ein reifes Ei mit der Hälfte der Chromosomenanzahl und zwei Polzellen erscheinen. Bei Physa gelangt der Samenfaden ähnlich wie bei Ascaris schon vor der Eireifung ins Ei und zwar dringt hier der ganze Samenfaden mit Kopf, Schwanz und Mittelstück ein (Taf. LIX, Fig. 280). Das ist nicht bei allen Tieren so, denn sehr häufig tritt nur Kopf und Mittelstück ein, der Schwanz hat nur die Bedeutung eines Lokomotionsorgans und ist bei dem eigentlichen Befruchtungsprozeß ohne jede Bedeutung. Auch bei Physa verfällt er sehr bald der Resorption, so daß nur noch Kopf und Mittelstück zurückbleiben. Sie liegen beide in der Nähe des den Richtungskörpern entgegengesetzten Eipols, und zwar so, daß der Kopf gegen die Eimitte, das Mittelstück gegen die Peripherie sieht.

Während sich nun die Prozesse der Eireifung abspielen, machen zunächst Spermakopf und Mittelstück eine Wendung um 180°, so daß jetzt das Mittelstück gegen die Eimitte, der Kopf gegen die Peripherie gestellt ist. Jetzt schießt aus dem Mittelstück, d. h. aus dem mit ihm ins Ei eingeführten männlichen Archoplasma ein Strahlensystem hervor, in dessen Zentrum ein anfangs einfaches, später sich durch Teilung verdoppelndes Zentralkörperchen liegt (Taf. LIX, Fig. 282). Es entstehen also innerhalb des Eies, in der Nähe des Spermakopfes, aus dem Mittelstück des Samenfadens zwei männliche Zentriolen mit einer männlichen Archoplasmastrahlung.

In diesem Stadium des Befruchtungsprozesses ist die Eireifung vollendet, der zweite Richtungskörper ausgestoßen und der Eikern stellt nun ein kleines Bläschen von unregelmäßiger Form dar, das von einer schwachen, aber noch deutlichen Strahlung umgeben ist (Taf. LX, Fig. 284). Er liegt in der Nähe des einen, der Spermakopf in der Nähe des anderen Eipols.

Das nun folgende Stadium des Befruchtungsprozesses zeigt als charakteristisches Merkmal eine starke Vergrößerung des Eikerns und des Spermakopfes und eine immer größere Annäherung beider.

Beide bilden sich zu ovoiden, großen Kernen mit deutlichem Chromatingerüst aus. Während der Eikern ungefähr seine Lage beibehält, nähert sich ihm der Spermakern immer mehr. Vor letzterem her wandern die beiden männlichen Zentriolen mit ihrer Strahlung. Dabei entfernen sie sich immer mehr voneinander unter Ausbildung einer Zentralspindel.

Sind die beiden Zentralkörperchen am Eikern angelangt, so ist die Strahlung des letzteren einschließlich des einen von der zweiten Richtungsteilung noch übrig gebliebenen Zentralkörperchens verschwunden und die männlichen Zentralkörperchen mit ihrer Strahlung beherrschen nun allmählich die ganze Eizelle und alle weiteren Vorgänge. Sie stellen sich zu beiden Seiten der nun direkt nebeneinander gelagerten Kerne auf, so daß ihre Verbindungslinie senkrecht zur Zellachse steht (Taf. LX, Fig. 285 und 286).

Die weiteren Prozesse sollen eine Verschmelzung der beiden nebeneinander liegenden Kerne herbeiführen. Das kommt folgendermaßen zustande: jeder von beiden Kernen bildet nämlich, ganz wie bei der Prophase der Mitose, einen lockeren Knäuel, der dann in die einzelnen Chromosomen zerfällt. Die Chromosomen beider Kerne nun, die ja infolge der vorangegangenen Reduktionsteilungen zusammen die gleiche Zahl ausmachen wie in somatischen Zellen, treten zusammen zur Bildung des Muttersterns (Taf. LX, Fig. 287). Dieser zerfällt durch die Längsspaltung und das folgende Auseinanderrücken der Chromosomen in zwei Tochterkerne, so daß jeder der letzteren aus gleichen Anteilen männlichen und weiblichen Chromatins besteht. Aus den beiden Tochtersternen gehen nun dadurch, daß sich das Eiprotoplasma zuerst ein- und dann in zwei gleiche Teile durchschnürt, die Kerne der ersten beiden Furchungszellen hervor; diese enthalten zur Hälfte das väterliche und das mütterliche Chromatin. Die Eizelle ist in die beiden ersten Blastomeren geteilt.

Ganz ähnlich verläuft auch die Reifung und Befruchtung des Säugetiereies, welche Prozesse bei der Maus die Fig. 288—299 der Taf. LXI veranschaulichen. Er unterscheidet sich von dem bei Physa geschilderten Verhalten hauptsächlich dadurch, daß der Eizelle ein Zentrosoma fehlt. Wir vermissen es in den Figuren 289 und 290 an der ersten Richtungsspindel. Letztere steht zunächst senkrecht zum Eiradius (Fig. 289), später parallel zu ihm (Fig. 290). Über die Zahl der Richtungskörper, die bei der Reifung des Säugetiereies gebildet werden, schwanken die Angaben zwischen 1—3. Bei der Maus bilden die meisten Eier nur ein solches Körperchen. Sehr auffällig treten in Figur 291 kleine Körperchen in der ersten Richtungsspindel auf, da wo die Trennungsebene zwischen Richtungskörper und Ei durchschneidet, die sog. Zentralspindelkörperchen. Von den ungezählten Samenfäden, welche sich nach der Begattung im Uterus finden, gelangen

bei der Maus nur ganz wenige in die Tuben zu den jetzt hier befindlichen Eiern. In jedes Ei dringt nur ein Samenfaden ein, und zwar ungefähr 6—10 Stunden nach der Begattung. Der Kopf quillt auf, der Schwanzfaden verliert sich im Eiprotoplasma (Fig. 291). Das Zentralkörperchen, das auch hier sicherlich vom Mittelstück des Samenfadens stammt, ist schwer zu sehen. Es wird erst deutlich erkennbar und umgibt sich mit einer Strahlung, wenn Eikern und Samenkern dicht beieinander liegen und ihr Chromatin bereits sich zum Knäuel angeordnet hat (Fig. 295). Auch hier sehen wir wieder das starke Anwachsen der beiden Kerne (Fig. 292, 293 und 294), auch hier liefert das mit dem Samenfaden ins Ei gelangende männliche Zentralkörperchen beide Zentralkörperchen, von welchen je eins an jedem Pole der Furchungsspindel steht. Fig. 299 zeigt schließlich das Endresultat der ersten Furchung, die Entstehung der beiden ersten Blastomeren.

Im Gegensatz zu der jahrelang bestehenden Anschauung, daß bei der Vererbung die Zellkerne die alleinige Rolle spielen, schreiben manche neueren Forscher (Meves) auch den im Verbindungsstück des Spermiums enthaltenen Mitochondrien bei der Übertragung der erblichen Eigenschaften eine wichtige Rolle zu (Plastosomentheorie der Vererbung).

Erläuterung der Figg. 288—299.

Reifung und Befruchtung des Eies der Maus (nach Sobotta). Sämtliche Figuren sind bei 500facher Vergrößerung gezeichnet. Die äußere dunklere Kontur bedeutet die Zona pellucida. Die dunklen, im Eikörper zerstreuten Körner sind Fettkörner. Die nähere Erklärung der einzelnen Stadien siehe im Text.

E K	= Eikern.	Sp K	= Samenfadenkopf resp. Spermakern.
I R Sp	= erste Richtungsspindel.	F Sp	= Furchungsspindel.
R K	= Richtungskörper.	I Bl, II Bl	= die beiden ersten Blastomeren.

VI. Das Bewegungssystem.

Das Bewegungssystem setzt sich zusammen aus dem Skelett und den Muskeln. Beide Bestandteile sollen getrennt besprochen werden.

1. Das Skelett.

Den wesentlichsten Bestandteil des Skeletts bilden die Knochen, in zweiter Linie kämen dann noch der Knorpel und die bindegewebigen Teile der Gelenke in Betracht.

Der Bau von Knochen- und Knorpelgewebe ist im ersten Teile des Lehrbuches eingehend abgehandelt worden. Hier sollen nur noch als Ergänzung einige Punkte erörtert werden, welche die Knochen und Knorpel als Organe betreffen, außerdem soll die Entwicklung der Knochen besprochen werden.

A. Die Knochen.

Die Knochen bestehen als Organe aus der Knochenhaut, dem Knochengewebe und dem Knochenmark. Außerdem enthält der Knochen, wie fast jedes andere Organ, Gefäße und Nerven.

Jeder Knochen wird überall da, wo er nicht von Knorpel bedeckt ist, von einer bindegewebigen Haut überzogen, die wir als Knochenhaut, Beinhaut oder Periost bezeichnen. Sie besteht aus derbem Bindegewebe und läßt zwei Schichten erkennen, eine äußere fibröse Schicht, welche nur spärliche Zellen, dagegen Blutgefäße und Nerven in größerer Zahl enthält und eine innere zartere Schicht, die an Blutgefäßen arm ist, sich aber durch ihren Reichtum an elastischen Fasern und Fibroblasten auszeichnet.

An der Grenze von Periost und Knochen treffen wir eine einfache Lage kubischer Zellen, Osteoblasten, welche bei der Entwicklung und Regeneration des Knochens eine große Rolle spielen.

Die Verbindung des Periosts mit dem Knochen kann eine mehr oder minder feste sein. Sie wird bewirkt einmal durch die aus dem Periost in den Knochen eintretenden Gefäße und Nerven, und ferner durch Bündel von Bindegewebsfibrillen (Sharpeysche Fasern) und elastischen Fasern, welche von der inneren Periostschicht in die Knochensubstanz eindringen.

Das Knochenmark treffen wir in allen Knochen der höheren Tiere und des Menschen. Es füllt in den Röhrenknochen die axialen Höhlen (Markhöhlen) aus und tritt auch in die größeren Haversschen Kanäle ein, in den platten Knochen dagegen erfüllt es die Maschen der spongiösen Substanz.

Bei Embryonen und jugendlichen Individuen besitzt das Knochenmark eine exquisit rote Farbe, wir sprechen deshalb hier von rotem Knochenmark. Mit der Zeit jedoch nimmt es, namentlich in den Diaphysen der kurzen und langen Knochen der Extremitäten, eine gelbe Farbe an, gelbes Knochenmark, so daß wir beim Erwachsenen rotes Knochenmark nur noch in den Epiphysen jener Knochen, in den Wirbelkörpern und in den platten Knochen finden. Das rote Knochenmark nun ist im postembryonalen Leben die wichtigste Bildungsstätte von roten Blutkörperchen. Es kann deshalb nach schweren Blutverlusten in späteren Lebensjahren eine teilweise Rückbildung von gelbem Knochenmark in rotes Knochenmark erfolgen.

Wir können in dem roten Knochenmark, dessen Grundlage ein retikuläres Gewebe bildet, mehrere Arten von Elementen, und zwar Markzellen, Erythroblasten und Erythrozyten, eosinophile Zellen, Mastzellen und Riesenzellen unterscheiden. Alle diese Elemente entstammen, wie überall im Mesenchym, Bindegewebszellen, welche durch Abrundung ihrer Form zu ungranulierten Wanderzellen, zu großen

und kleinen Lymphozyten werden. Aus diesen entstehen durch mitotische Teilungen Zellen, die in ihrem Innern Hämoglobin oder spezifische Körnchen auszuarbeiten imstande sind, d. s. Erythroblasten und Myelozyten, aus welch letzteren, oder aber auch ohne ihre Vermittlung, aus Lymphozyten direkt sich spezial granulierte Zellen (Spezialgranulozyten) ausdifferenzieren; es entstehen so je nach der Art der Granula eosinophile Zellen oder Mastzellen. Die Riesenzellen nehmen ihren Ursprung ebenfalls aus Lymphozyten (Maximow).

1. Die Markzellen, Myelozyten (Taf. LXIII, Fig. 304), haben Ähnlichkeit mit gewissen Formen von Leukozyten, und finden sich nie im normalen, sehr zahlreich aber im leukämischen Blute. Ihre Kerne sind ziemlich groß und nur selten gelappt. Der sie umgebende Protoplasmakörper ist mehr oder weniger breit und enthält feine Körnchen in größerer oder geringerer Menge, welche beim Menschen neutrophil (ε-Granulation), bei Tieren amphophil, d. h. sowohl in sauren wie in basischen Anilinfarbstoffen färbbar (Ehrlichs β-Granulation) sind.

2. Die Erythroblasten (Hämatoblasten) sind kernhaltige Zellen, deren Leib durch das in ihm enthaltene Hämoglobin gelb gefärbt erscheint. Wir haben es in ihnen also mit kernhaltigen roten Blutkörperchen, Vorstufen der fertigen Erythrozyten, zu tun. Ihren Ursprung haben sie in Lymphozyten, welche sich in der Nähe der Gefäße anlagern, durch mitotische Teilung vermehren und zunächst zu großen hämoglobinhaltigen Megaloblasten (siehe Blutbildung) und dann zu kleineren Normoblasten wandeln. Dadurch, daß sie ihre Kerne verlieren, werden sie zu jungen Erythrozyten, die hierauf durch kleine, zwischen den Endothelzellen sich öffnende Lücken in die Blutgefäße übertreten (Taf. LXIII, Fig. 304).

3. Erythrozyten, fertige rote Blutkörperchen.

4. Eosinophile Zellen.

5. Mastzellen, die, wie wir früher sahen, auch ausnahmsweise im Blute vorkommen.

6. Riesenzellen (Taf. LXIII, Fig. 304) haben große Zellkörper, deren Kerne außerordentlich verschiedene Formen aufweisen, sie können kugelig, gelappt, ringförmig und kugelschalenförmig sein. Die ältere Anschauung, daß diese Zellen durch Verschmelzung mehrerer kleiner Zellen entstehen, ist heute ganz aufgegeben. Sie entwickeln sich aus einkernigen Zellen (Lymphozyten) dadurch, daß sich ihr Kern vollständig oder unvollständig fragmentiert. Dabei wächst der Zellkörper immer mehr, ohne sich zu teilen. Es können aber auch von diesen Zellen kernhaltige Stücke des Zellkörpers abgeschnürt und durch einen derartigen „Knospungsprozeß" neue Markzellen geliefert werden

(Arnold). Nach großen Blutverlusten kann man diesen Prozeß an den Riesenzellen sich massenhaft abspielen sehen.

Dieser Gruppe von Zellen gehören auch die Myeloplaxen oder Osteoklasten an, welche bei der Entwicklung des Knochens eine wichtige Rolle spielen und an entsprechender Stelle berücksichtigt werden sollen.

Außerdem finden sich im roten Knochenmarke spärliche Fettzellen sowie Gefäße und Nerven.

Das gelbe Knochenmark oder Fettmark verdankt seine gelbe Farbe dem hohen Fettgehalt und entwickelt sich aus dem roten Knochenmark dadurch, daß in die Zellen des Retikulums Fetttröpfchen eingelagert werden, durch deren Zunahme die zwischen ihnen gelegenen Fasern sowie die spezifischen Elemente des Knochenmarks verdrängt werden (Jackson).

Bei alten oder abgemagerten Individuen und nach erschöpfenden Krankheiten, verschwindet das Fett zum großen Teil aus dem Knochenmark, seine Farbe wird gelbrot, seine Konsistenz schleimig. Wir sprechen dann von einem gelatinösen Knochenmark.

Die gesamte Markhöhle des Knochens wird ausgekleidet von einer dünnen, bindegewebigen Membran, die man als Endosteum oder als inneres Periost bezeichnet.

Knochenhaut, Knochen und Knochenmark sind mehr oder weniger reichlich mit Blutgefäßen versehen. Diese Gefäße treten aus der Umgebung des Knochens in das Periost ein, gelangen von hier durch die Volkmannschen in die Haversschen Kanäle und gehen, nachdem sie diese durchsetzt haben, in das Gefäßnetz des Knochenmarks über. Die Gefäße anastomosieren in ausgedehnter Weise miteinander und bilden so ein den ganzen Knochen durchsetzendes System.

Die Aa. nutritiae, die stärkeren Arterien des Knochens, treten durch die Foramina nutritia in den Knochen ein und gelangen noch mit ihren gröberen Zweigen ins Knochenmark. Hier zerfallen sie in zahlreiche Zweige, die sich in ein reiches, die Markzellen umspinnendes Kapillarnetz auflösen. Dabei erweitern sich die anfangs engen Kapillaren beträchtlich und fließen zu kleinen, äußerst zartwandigen Venen zusammen.

Die Aa. nutritiae, welche in die Diaphyse der langen Röhrenknochen eintreten, erlangen ihre stärkste Ausbildung in der Jugend, dann nimmt ihr Kaliber mit der allmählichen Entwicklung des Fettmarkes auch entsprechend ab (Dieulafé).

Die Venen des Knochenmarks, wie alle innerhalb des Knochens verlaufenden Venen, sind klappenlos. Ihre Wandung ist äußerst dünn, so daß man früher glaubte, daß das venöse Blut innerhalb des Knochenmarks in wandungslosen Bahnen fließe oder daß die Venenwand vielfach durchbrochen sei.

Die Lymphgefäße bilden ein oberflächliches Netz im Periost, durchziehen innerhalb der Haversschen Kanäle die Knochensubstanz und bilden ein zweites tiefes Netz auf der Innenfläche des Knochens.

Von Nerven treten an den Knochen sowohl die markhaltigen als die marklosen heran. Sie endigen teils im Periost in besonderen (Pacinischen) Endkörperchen, teils dringen sie in den Knochen ein und gelangen bis zum Knochenmark.

Verbindungen der Knochen.

Die Knochen können miteinander entweder fest oder beweglich verbunden sein. Im ersten Falle sprechen wir von einer Fuge oder Synarthrosis, im letzteren Falle von einem Gelenk oder einer Diarthrosis. Zwischen beiden Verbindungsarten gibt es wieder mannigfache Übergänge.

a) Die feste Verbindung kann entweder durch Knochen (Synostosis) oder durch Knorpel (Synchondrosis) oder durch bindegewebige Bänder (Syndesmosis) erfolgen.

Synostosen finden sich als Verbindung mancher Schädelknochen (beide Hälften des Os frontale, Verbindung des Os sphenoidale und occipitale usw.).

Synchondrose. Der Knorpelüberzug, mittelst dessen sich die Knochen miteinander verbinden, ist meist ein Rest der Knorpelanlage, also von Haus aus hyalin, doch treten später Faserbildungen in diesen Knorpelresten auf, so daß wir es dann meistens mit Bindegewebsknorpel zu tun haben.

Solche Synchondrosen finden sich vielfach zwischen Schädelknochen, zwischen Rippen und Brustbein, am Becken usw. Besondere Beachtung verdienen hier die Zwischenwirbelscheiben oder Fibrocartilagines intervertebrales. Sie bestehen aus zwei allmählich ineinander übergehenden Bestandteilen, aus einem äußeren, festen, knorpeligen Ring und aus dem Gallertkern. Den äußeren Ring, Annulus fibrosus, bildet ein Bindegewebsknorpel, der eine deutliche konzentrische Schichtung von abwechselnd weißen, seidigglänzenden und rötlichen, matten Schichten aufweist. Die verschiedene Färbung ist eine optische Erscheinung, die ihren Grund in der verschiedenen Verlaufsrichtung der die Lamellen zusammensetzenden sich miteinander kreuzenden Faserbündel hat. Die äußersten Schichten des Annulus fibrosus bestehen aus zirkulär verlaufenden Bindegewebsbündeln mit spärlichen Knorpelzellen; nach innen zu konvergieren die Fasern in spitzem Winkel zur Bildung von Lamellen und die Zellen werden zahlreicher. Der vom Annulus fibrosus umschlossene Gallertkern (Nucleus pulposus) enthält Reste der Chorda dorsalis in Form

von Haufen vakuolisierter, mehrkerniger Zellen, die in einer undeutlich faserigen oder körnigen, schleimig weichen, „oft wie in Zersetzung begriffenen Grundsubstanz" (Fick) liegen.

Syndesmosen treten auf in der Form der straffen Syndesmose durch schwächer oder stärker entwickeltes, fibrilläres Bindegewebe, der elastischen Syndesmose durch elastisches Gewebe (Ligamenta flava, Lig. nuchae) und der Suturen, bei denen die verbindenden Bindegewebsmassen nur sehr dünn sind.

b) Bei den Gelenken müssen wir die Gelenkenden der Knochen, die Labra glenoidalia, die Menisci articulares und die Gelenkkapseln berücksichtigen.

Die Gelenkenden der Knochen sind von hyalinem Knorpel überzogen, der vom eigentlichen Knochen durch einen Streifen verkalkten Knorpels getrennt ist. Am Rand der Gelenkfläche ist der Knorpel von einer Bindegewebslage überzogen. Die tieferen Zellagen des Knorpels sind in zur Gelenkoberfläche senkrecht stehenden Säulen geordnet. Nach oben zu werden die Zellen klein und platt und liegen epithelartig zur Oberfläche parallel. In manchen Gelenken findet sich an Stelle von Hyalinknorpel Bindegewebsknorpel (Sternoklavikulargelenk, Kiefergelenk).

Die Menisci articulares und Labra glenoidalia bestehen aus einer faserigen Grundsubstanz und eingelagerten Zellen. Ob es sich in letzteren um Knorpelzellen oder Bindegewebszellen handelt, ist noch strittig.

An den Gelenkkapseln können wir einen äußeren Teil (Stratum fibrosum capsulae articularis) und einen inneren Teil (Stratum synoviale capsulae articularis) unterscheiden.

Das Stratum fibrosum wird von im wesentlichen parallel verlaufenden Bindegewebsbündeln mit spärlichen, elastischen Fasern gebildet. Das Stratum synoviale ist ein lockeres Bindegewebe mit zahlreichen stark verästelten Fibroblasten. Sie liegen, ähnlich wie die Hornhautkörperchen, innerhalb eines Saftlückensystems, das einerseits mit der Gelenkhöhle, andererseits mit den Lymphgefäßen in Verbindung steht (H. Braun). Da diese Fibroblasten auf der Innenfläche des Stratum synoviale einen allerdings vielfach unterbrochenen Überzug bilden, so hat man früher von einer Epithel- oder Endothelauskleidung der Gelenke gesprochen. In den tieferen Schichten des Stratum synoviale finden sich vereinzelte Fettzellen, Blut- und Lymphgefäße, sowie sensible Nerven mit Endkolben.

Die Gelenkzotten, Synovialzotten, Villi synoviales bestehen aus fibrillärem Bindegewebe mit spärlichen Fibroblasten. Die kleinen Zotten sind gefäßlos, die größeren enthalten Kapillarschlingen.

Die Gelenkschmiere, Synovia, ist eine gelbliche, fadenziehende Flüssigkeit von alkalischer Reaktion und enthält 3—5% feste Bestandteile, darunter Eiweiß und eine muzinartige Substanz, das Synoviamuzin (von Holst). Während der Ruhe ist die Synoviamenge größer als bei anhaltender Bewegung. An körperlichen Elementen enthält die Synovia Wanderzellen und Zerfallsprodukte von solchen, Fettröpfchen und Trümmer des allmählich arrodierten Knorpelüberzugs der Knochenenden.

Entwicklung der Knochen.

Das Knochengewebe entwickelt sich am spätesten von allen Geweben des menschlichen Körpers, und zwar immer dergestalt, daß sich zunächst eine knorpelige oder bindegewebige Anlage bildet, die dann erst sekundär verknöchert. Es ist demnach in gewissen Entwicklungsstadien das knöcherne Skelett entweder durch Knorpel oder durch Bindegewebe vertreten.

a) Entwicklung der knorpelig präformierten Knochen.

Im knorpelig angelegten Knochen geht der Verknöcherungsprozeß einmal vom Inneren der Knorpelanlage (enchondrale oder endochondrale Ossifikation) und zweitens von dem die Oberfläche des Knorpels überziehenden Perichondrium aus (perichondrale oder fälschlich periostale Verknöcherung).

Der Prozeß der enchondralen Ossifikation (Fig. 300 und 301) setzt ein mit der Vergrößerung und Vermehrung der Knorpelzellen, wodurch in je eine vergrößerte Knorpelhöhle mehrere Knorpelzellen zu liegen kommen. Die homogene Grundsubstanz der umgebenden Knorpelpartien trübt sich durch Ablagerung von Kalksalzen und in den nun stark vergrößerten Knorpelhöhlen kommt es zu einer Schrumpfung der Knorpelzellen. Eine derartig veränderte Stelle innerhalb eines knorpeligen Skelettstückes bezeichnen wir als Verkalkungspunkt oder Ossifikationspunkt. Die Ossifikationspunkte treten meistens zu mehreren in jedem Knochen auf; so geht die Verknöcherung der langen Knochen zunächst von einem Punkt in der Diaphyse aus, später treten zwei weitere in den Epiphysen auf. Das Wachstum der Ossifikationspunkte ist ein eng begrenztes; es kommt bald zum Stillstand, während der übrige Knorpel weiter wächst.

Gleichzeitig mit oder selbst noch vor dem Auftreten des Ossifikationspunktes spielen sich aber an der inneren Schicht des Perichondriums Veränderungen ab, welche die perichondrale Ossifikation einleiten. Diese zellenreiche, stark vaskularisierte Schicht

soll in Knochen umgewandelt werden und wird als osteogenes Gewebe bezeichnet.

Die Umwandlung geht derart vor sich, daß die Grundsubstanz verkalkt und die in ihr gelegenen Zellen sich in Knochenkörperchen umwandeln. So entsteht an der Grenze von Knorpel und Perichondrium eine Knochenschicht und das Perichondrium wird zum Periost.

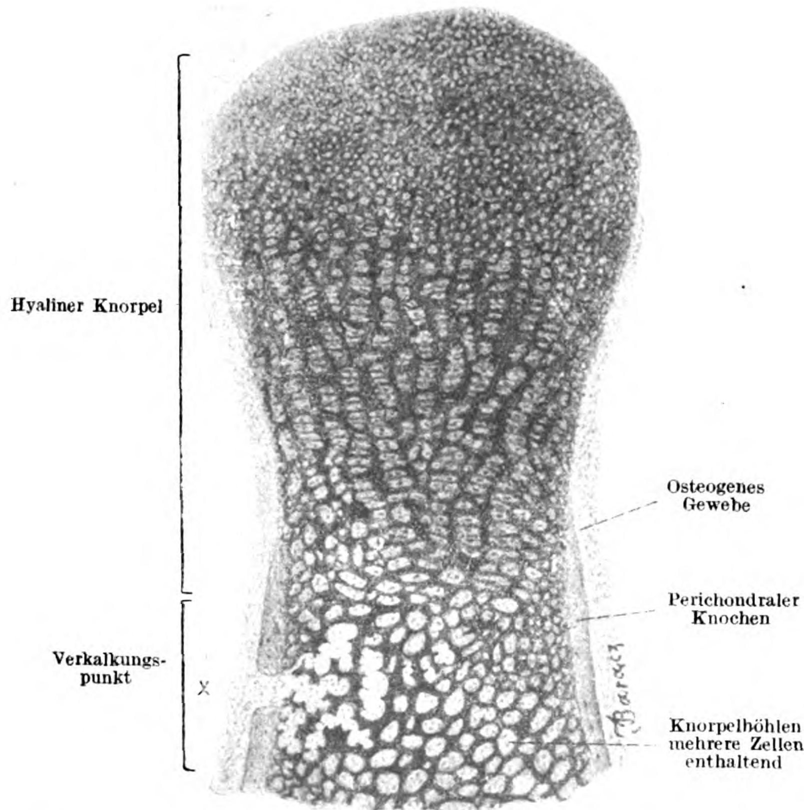


Fig. 300. Aus einem Längsschnitte durch den Finger eines $3^1/_2$monatlichen menschlichen Embryos.

Zwei Drittel der zweiten Phalanx gezeichnet. Bei × ist die Periostknospe zu sehen. Ca. 85mal vergrößert.

Von dem Periost aus dringen nun durch Proliferation seiner inneren Schicht entstehende Knospen (Periostknospen) gegen den Knorpel vor, und zwar vor allem an jenen Stellen, wo in der Tiefe ein Ossifikationspunkt liegt (Fig. 301).

Die vordringende Knospe löst die verkalkte Grundsubstanz auf, so daß ein anfangs kleiner Hohlraum im Innern des Knorpels, der primordiale Markraum, die primäre Markhöhle entsteht. Er enthält zunächst die vom Periost her eingedrungenen Zellmassen, ferner diejenigen Knorpelzellen, welche durch die Lösung der Grund-

substanz und Zerstörung der Kapseln frei geworden sind, außerdem aber auch die mit dem Periost von außen her eingedrungenen Blutgefäße.

Diese die primäre Markhöhle ausfüllenden Zellen — man bezeichnet sie auch als Knorpelmarkzellen — bilden zum Teil die Elemente des künftigen Knochenmarks, zum Teil aber übernehmen sie die wichtige Aufgabe der Knochenbildung, sie werden zu Osteoblasten. Sie wandeln sich nämlich zu großen, oft mit Fortsätzen versehenen Zellen um und lagern sich den Wandungen der primären Markhöhle in einfacher Schicht auf, so daß sie wie mit einem einschichtigen Epithel austapeziert erscheint. Eine ganz ähnliche Lage von Osteoblasten findet sich auch auf der äußeren Knochenschale unter dem Periost und übernimmt hier die Knochenbildung.

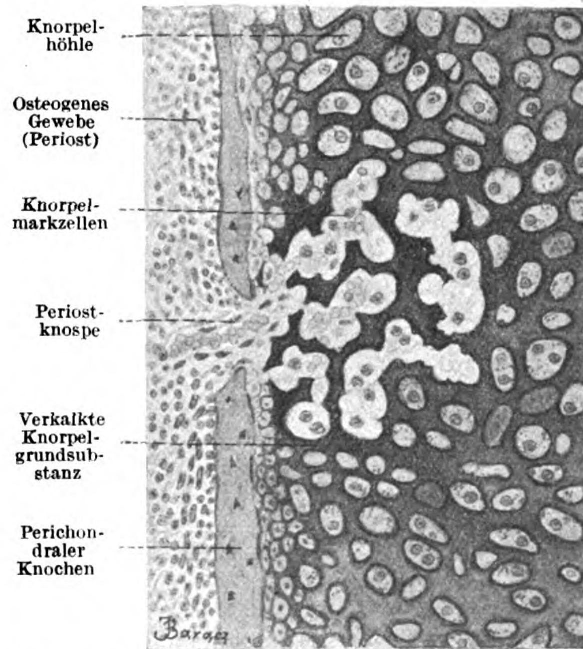


Fig. 301. Die mit × bezeichnete Stelle der vorigen Figur bei stärkerer Vergrößerung.
Ca. 185mal vergrößert.

Die primäre Markhöhle vergrößert sich immer mehr dadurch, daß die eingedrungenen Gefäße mit den Markzellen ihre knorpelauflösende Tätigkeit immer weiter fortsetzen.

Besonders instruktiv sind die Bilder, die man an Längsschnitten durch ossifizierende Röhrenknochen erhält, wie sie Fig. 302 der Taf. LXII und Fig. 303 der Taf. LXIII darstellen. Hier erkennt man auch, welche charakteristische Veränderungen der an beiden Enden der Diaphyse liegende bis dahin unveränderte Hyalinknorpel dabei durchmacht.

Wir können in ihm mehrere durch Größe und Anordnung der Zellen differente Zonen deutlich unterscheiden. Am weitesten nach der Epiphyse zu haben wir die bekannten charakteristischen Knorpelzellen, zu zwei oder drei von einer gemeinsamen Kapsel umgeben. Nach der Mitte der Diaphyse zu werden die Knorpelzellen größer und ordnen sich hintereinander zu Zellsäulen an. Wir treten in das Gebiet des Säulenknorpels. Zwischen je zwei Zellsäulen liegt

ein Balken von Grundsubstanz. Noch näher nach dem Markraum zu erscheinen die Knorpelkapseln blasig aufgetrieben (Gebiet des großblasigen Knorpels). Gegen diese letzteren dringen nun die Gefäße vom Markraum vor, sprengen die Knorpelkapseln und befreien die in ihnen gelegenen Zellen. Die Balken der Grundsubstanz, die die Zellsäulen trennen, bleiben jedoch, wenn auch stark verdünnt, stehen, so daß wir, von dem Knorpel ausgehend und die Markhöhle zum Teil durchsetzend, ein System von Knorpelbalken erhalten, die Richtungsbalken der Verknöcherung.

Auf diese Richtungsbalken legen sich nun die Osteoblasten, ganz wie auf die Innenfläche der Markhöhle epithelartig auf, verwandeln sie in Knochenbalken und es entsteht so die Spongiosa des Knochens. Es enthält also jedes Knochenbälkchen in seinem Innern einen knorpeligen Grundstock, der sich noch lange erhält, bis schließlich auch er verknöchert. Wir sehen demnach, daß der Knorpel nur eine intermediäre, eine Hilfsrolle in der Skelettentwicklung spielt: nachdem er seine Rolle als provisorisches Stützorgan ausgespielt hat, wird er vernichtet und an seine Stelle tritt ein anderes Gewebe, dessen Elemente die Zellen des Periosts, die Fibroblasten, sind. Periostale Verknöcherung und enchondrale Verknöcherung sind nur örtliche Begriffe, dem Wesen nach sind beide Prozesse gleichartig.

Wie erfolgt nun die Ausscheidung der Knochensubstanz? Nach den grundlegenden Untersuchungen von Kölliker scheidet jeder Osteoblast die Knochengrundsubstanz um sich herum ab und kommt damit selbst in sie zu liegen. Wie wir sahen, sind die Osteoblasten verästelte Zellen; wenn sie sich epithelartig dem Knorpel auflegen, treten sie durch ihre Ausläufer miteinander in Verbindung; es enthält somit die junge Knochensubstanz ein System von kommunizierenden Kanälchen, die die Ausläufer der Osteoblasten umschließen.

Der Osteoblast scheidet aber nicht allein Knochengrundsubstanz, sondern als echter Fibroblast auch leimgebende Fibrillen aus. Nach Gardner teilen sich die Osteoblasten in diese beiden verschiedenen Prozesse. Die einen sondern Grundsubstanz ab und werden in der beschriebenen Weise zu Knochenzellen, die anderen bilden in ihrem Zellkörper leimgebende Fibrillen und gehen nach Beendigung dieser Tätigkeit zugrunde, so daß nun die Fibrillen in die Grundsubstanz zu liegen kommen.

Während dieser Zeit hat sich das verknöchernde Skelettstück an der Peripherie vom Periost aus mit einer dicken Schicht Knochen umgeben und lagert nun immer eine Schicht von Knochensubstanz um die andere herum ab. Es wächst in die Dicke durch Apposition. Dabei werden die an der Oberfläche verlaufenden Gefäße von dem jungen Knochen umgeben und lamellenweise mit Knochen eingeengt; sie werden zu Haversschen Kanälen mit ihren umhüllenden Lamellensystemen.

Die Verknöcherung in der zu dieser Zeit noch rein knorpeligen Epiphyse erfolgt später. Auch in ihr tritt zuerst ein Verknöcherungspunkt auf, in den dann das Perichondrium mit seinen Gefäßen einwuchert. Es entsteht dann ein Markraum, bei dessen Vergrößerung sich die Verknöcherungsgrenzen der Diaphyse und Epiphyse immer mehr nähern. Beide werden durch eine Knorpelfuge getrennt. Diese letztere erhält sich bis in die Pubertät, vergrößert sich fortwährend, wird dabei in ihrem diaphysären Anteil in Knochen verwandelt und liefert somit das Material für das Längenwachstum des Knochens.

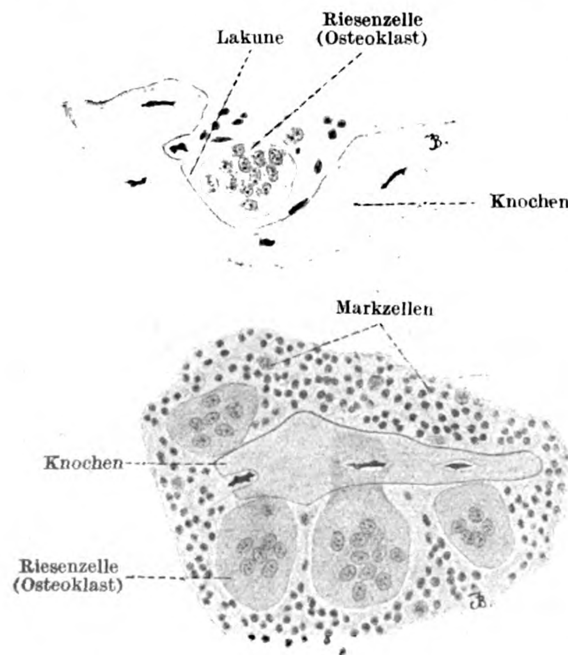


Fig. 305. Aus einem Längsschnitte durch das Os femoris eines Kaninchenembryos.
Ca. 335mal vergrößert.

Damit aber der Knochen seine definitive Form erhalte, muß auch neu gebildeter Knochen wieder zerstört werden. Man denke nur an die definitive Markhöhle, die beim erwachsenen Knochen um so viel größer ist, als beim neugeborenen Knochen. Die Resorption solchen überschüssigen Knochens wird besorgt von besonderen Zellen, den Osteoklasten oder Myeloplaxen (Fig. **305**). Es sind das sehr große Zellen, die immer mehrere, zu Haufen zusammenliegende Kerne enthalten. Man findet sie in Vertiefungen der Knochensubstanz, den sog. Howshipschen Lakunen, liegend, die durch ihre resorptive Tätigkeit entstanden sind (Fig. **305**).

Knorpelig präformiert sind alle Knochen des Skeletts mit Ausnahme der Knochen des Schädeldaches, der Seitenteile des Schädels, des größten Teiles der Gesichtsknochen und eines kleinen Teiles der Schädelbasis.

b) Entwicklung der Bindegewebsknochen.

Die Entwicklung der Bindegewebsknochen beginnt damit, daß innerhalb der bindegewebigen Grundlage einzelne Bindegewebsbündel verkalken. Ihnen lagern sich die umliegenden Fibroblasten in ein-

facher Schicht auf, wandeln sich zu Osteoblasten um und beginnen ganz in der früher geschilderten Weise Knochen abzuscheiden (Fig. 306). Von dieser Knochenplatte erheben sich bald Leisten und Zapfen von jungem Knochengewebe, welche sich miteinander verbinden und die Diploe bilden. Hat diese eine gewisse Dicke erreicht, so wird nunmehr auf beide Flächen eine Knochenschicht nach der anderen abgelagert, es wird die Kompakta gebildet, der Knochen wächst in die Dicke.

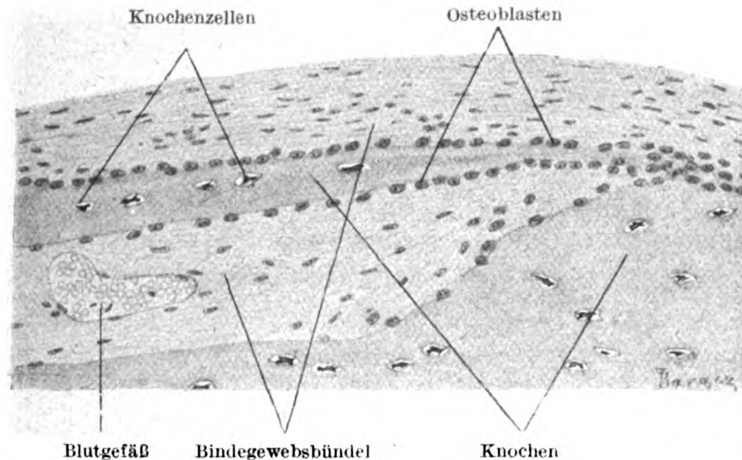


Fig. 306. Aus einem Querschnitte durch das Scheitelbein eines menschlichen Embryos. Ca. 220mal vergrößert.

Bindegewebig angelegt sind die Knochen der Seitenteile des Schädels und des Schädeldaches, fast alle Gesichtsknochen, der obere Teil der Hinterhauptschuppe und die innere Lamelle des Proc. pterygoideus des Keilbeins.

B. Die Knorpel.

Die Knorpel sind mit Ausnahme der Gelenkoberfläche und der Stellen, wo sie mit den Knochen zusammentreffen, vom Perichondrium bedeckt. In den fertig entwickelten Knorpeln finden wir niemals Gefäße. Die letzteren verlaufen ebenso wie die Nerven ausschließlich im Perichondrium. Ausnahmsweise kann sowohl der wachsende, wie der transitorische und bleibende Knorpel vaskularisiert sein, sofern die Größe desselben die Ernährung vom Perichondrium nicht zuläßt. Die Vaskularisation kann man mit der des Knochens vergleichen. Auch hier liegen keine Kapillaren in der Grundsubstanz (Stoß).

2. Die Muskeln.

Größere Komplexe von Muskelfasern schließen sich zusammen, sondern sich von ihren Nachbarn mehr oder weniger scharf ab und bilden einen Muskel, ein Ganzes, ein Organ, dem eine bestimmte

Funktion zufällt, nämlich die, bestimmte Teile in Bewegung zu setzen. Meistens sind die letzteren einzelne Skelettstücke, sie können jedoch auch durch Knorpel oder zum Teil durch Weichteile repräsentiert werden. Es stellen somit die Muskeln das aktive Element des Bewegungssystems, die Knochen das passive dar.

Jeder Muskel ist äußerlich von einer dicken bindegewebigen Hülle umgeben, dem Perimysium externum. Es schickt in die Muskelsubstanz Bindegewebsblätter hinein, die sich miteinander verbinden und den Muskel in eine größere Anzahl zunächst gröberer, dann feinerer Bündel zerlegen. Dieses also in direkter Verbindung mit dem

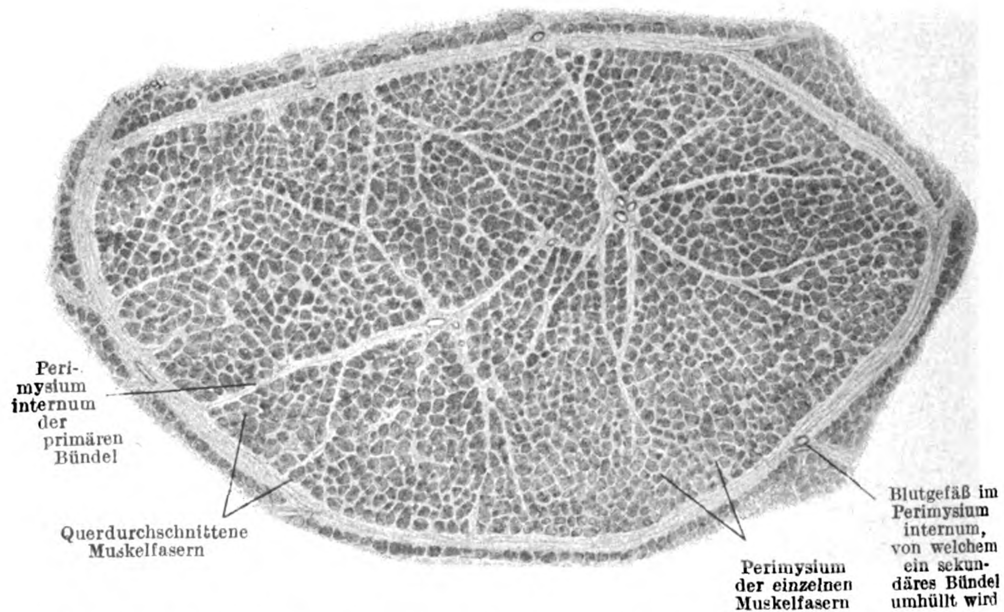


Fig. 307. Aus einem Querschnitte durch den M. sternocleidomastoideus des Menschen.
Es ist ein ganzes sekundäres Bündel vom Perimysium internum umhüllt, zu sehen. Ca. 45mal vergrößert.

Perimysium externum stehende Bindegewebe bezeichnen wir als Perimysium internum. Dabei werden zunächst von gröberen Septen dickere Bündel gegeneinander abgegrenzt, innerhalb der letzteren kommt es durch dünnere Septen zur Scheidung in feinere Bündel und innerhalb dieser werden schließlich durch feinste Bindegewebsblätter Bündelchen gesondert, die wir als primäre Muskelbündel bezeichnen (Fig. 307).

Jedes primäre Muskelbündel besteht aus einer gewissen Anzahl durch zarte Bindegewebszüge voneinander getrennter Muskelfasern. An der Peripherie des Bündels vereinigen sich diese Züge zu einem stärkeren bindegewebigen Septum, welches das Bündel umhüllt und es gleichzeitig von seinem Nachbar trennt. Ebenso wie sich die Muskel-

fasern zu primären Bündeln zusammenschließen, vereinigen sich die primären Bündel zu sekundären, diese wieder zu tertiären, durch deren Zusammenschluß endlich der Muskel entsteht.

Das Perimysium internum ist ein lockeres Bindegewebe, in welchem die Gefäße und Nerven verlaufen. Es enthält neben den kollagenen auch elastische Fasern, deren Zahl aber nach den Primärbündeln zu allmählich abnimmt. Ähnlich verhält es sich mit dem Fettgehalt; in den gröberen Septen finden sich zahlreichere Fettzellen als in den feineren.

Mit Blutgefäßen ist der Muskel außerordentlich reich versorgt, sie verlaufen unter reichlicher Verzweigung innerhalb des Perimysium internum. Die Hauptgefäße verlaufen bei vielen Muskeln quer zur Faserrichtung, besonders bei den langen Muskeln. Die aus ihnen entstehenden gröberen Äste biegen aber dann sämtlich in die Längsrichtung um (Wollenberg). Zwischen den primären Bündeln angelangt, trennen sich die Arterien von den Venen und dringen senkrecht zur Faserrichtung in die Bündel. In ihnen zerfallen sie in die sog. präkapillaren Äste, die nun wieder im rechten Winkel in die Faserrichtung abbiegen und in die Kapillaren zerfallen, welche langmaschige Netze zwischen den Fasern und um die Fasern herum bilden (Taf. LXIV, Fig. 308). Querschnitte belehren uns, daß jeder Faser mehrere Kapillaren anliegen, daß diese dicht am Sarkolemm liegen und vielfach mit ihren Nachbarn anastomosieren (Taf. LXIV, Fig. 309). Die aus den Kapillaren entstehenden Venen führen schon in ihren feinsten Zweigen Klappen.

Lymphgefäße lassen sich in den Muskeln nur recht spärlich nachweisen, sie folgen dem Verlauf der Blutgefäße.

Die Nerven zeigen ebenfalls den gleichen Verlauf. Der Muskel enthält motorische, sensible und vasomotorische Fasern. Über ihre Endigung vergleiche man das Kapitel „Periphere Nervenendigungen".

Außer Blutgefäßen, Lymphgefäßen und Nerven enthält das Perimysium internum dann noch die sog. Muskelspindeln. Sie finden sich in fast allen Muskeln des menschlichen Körpers in wechselnder Zahl mit Ausnahme der Kehlkopf- und der Augenmuskeln. Nach Regaud sollen die Spindeln in den Muskeln der Extremitäten zahlreicher sein, als in denen des Stammes, des Halses und des Kopfes. Ihre Länge schwankt zwischen 2 und 11 mm.

Jede Spindel wird von einer, vom Perimysium internum gelieferten Scheide umhüllt und zeigt in ihrer ganzen Länge entweder eine oder mehrere bauchige Auftreibungen. Innen hat die Scheide einen Belag von verästelten Zellen, welche mit ihren Fortsätzen anastomosieren und den Binnenraum der Spindel durchsetzen (Taf. LXV, Fig. 310). Der letztere wird der Länge nach durchzogen von quergestreiften Muskelfasern. Sie treten in verschiedener Zahl an dem einen Spindelende ein, um das Organ an dem anderen Ende wieder zu verlassen. Auf diesem Wege

teilen sie sich, die Teiläste anastomosieren miteinander und bilden so innerhalb der Spindel ein langgestrecktes Netzwerk muskulöser Balken. Die Kerne dieser Balken treten an manchen Stellen außerordentlich dicht zusammen und füllen die Muskelbalken fast völlig aus. Dabei verlieren sie ihr Chromatin und werden zu kleinen Bläschen, welche durch die enge Aneinanderlagerung polyedrische Form annehmen (Kühne).

Der von dem Muskelnetz freigelassene Teil der Spindelhöhle ist mit einer eiweißhaltigen Flüssigkeit erfüllt.

In jede Muskelspindel treten zwei oder mehr markhaltige Nervenfasern ein, von denen mindestens eine sensibler Natur ist. Auch marklose Fasern hat man in ihnen beobachtet. Die sensiblen Fasern umwinden die Muskelfasern und -balken in Spiraltouren und geben dabei zahlreiche Seitenzweige ab, die sich in Form von haken- oder plattenförmigen Endigungen den Muskelfasern dicht anschmiegen. Die motorischen Fasern enden an den Muskelfasern mit typischen motorischen Endplatten.

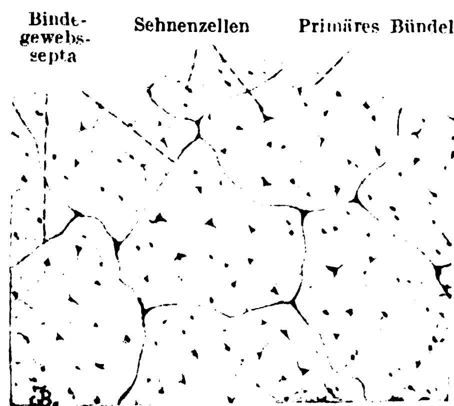


Fig. 311. Aus dem Querschnitt einer Sehne (des M. popliteus) des Menschen. Ca. 210mal vergrößert.

Über die Funktion der Muskelspindeln gehen die Ansichten der verschiedenen Autoren auseinander, doch neigt die Mehrzahl heute zu der Anschauung, daß die Muskelspindeln die rezeptorischen Organe des Muskelsinnes darstellen (Kerschner, Ranvier, Forster, Sherrington, Cilimbaris). Der durch die Kontraktion der umgebenden Muskulatur auf die Spindelscheide ausgeübte Druck pflanzt sich auf den Spindelinhalt fort und erregt so die sensiblen Nervenendigungen innerhalb der Spindel (Sherrington), nach Cipollone und Baum ist die Kapsel dagegen nur ein Schutzapparat, der den komplizierten nervösen Endapparat der Spindel vor dem Druck der umgebenden Muskelmasse schützen soll. Die Erregung dieses Endapparates erfolgt durch die Spindelmuskulatur selbst.

Die Verbindung der Muskeln mit ihren Ansatzpunkten wird vermittelt durch die Sehnen. Sie bestehen, wie wir früher ausgeführt haben, aus kollagenen Fibrillen, welche mittels einer interfibrillären Kittsubstanz zu primären Bündeln vereinigt werden. Die letzteren werden durch die interfaszikuläre Kittsubstanz zu sekundären Bündeln zusammengeschlossen (Fig. 311). Die charakteristisch gestalteten und gelagerten Bindegewebszellen liegen

zwischen den primären Bündeln. Jedes sekundäre Bündel wird von lockerem Bindegewebe umhüllt und mit anderen seinesgleichen zu tertiären Bündeln vereinigt. Aus zahlreichen solchen durch Bindegewebssepten getrennten tertiären Bündeln setzt sich die ganze Sehne zusammen. Sie wird von einem starken, straffen Bindegewebe, dem Peritenonium, überzogen, von dem die die tertiären Bündel trennenden Bindegewebssepten abgehen.

Die Verbindung von Muskel und Sehne ist eine außerordentlich feste, eine Trennung beider läßt sich nur durch chemische, niemals durch mechanische Mittel erreichen. Diese feste Verbindung wird dadurch erreicht, daß die bindegewebigen Elemente der Sehne, die Sehnenfasern, sich direkt in die feinen, das Sarkolemm umspinnenden Fasern des Perimysium internum fortsetzen (Kölliker, Biesiadecki und Herzig, Weismann, Ranvier, Peterfi) (Fig. 312). Ein direkter Übergang der Muskelfibrillen in die Sehnenfibrillen, wie er von manchen Autoren angenommen wird (Fick, Wagener, Golgi, O. Schultze) ist dagegen wenig wahrscheinlich. O. Schultze behauptet, daß die Myofibrillen kontinuierlich in die Bindegewebsfibrillen übergehen, indem sie ihre Zusammensetzung aus verschieden brechenden Teilchen verlieren, sich in Sehnenfibrillen umwandeln und am Ende der Muskelfaser das Sarkolemm durchbohren.

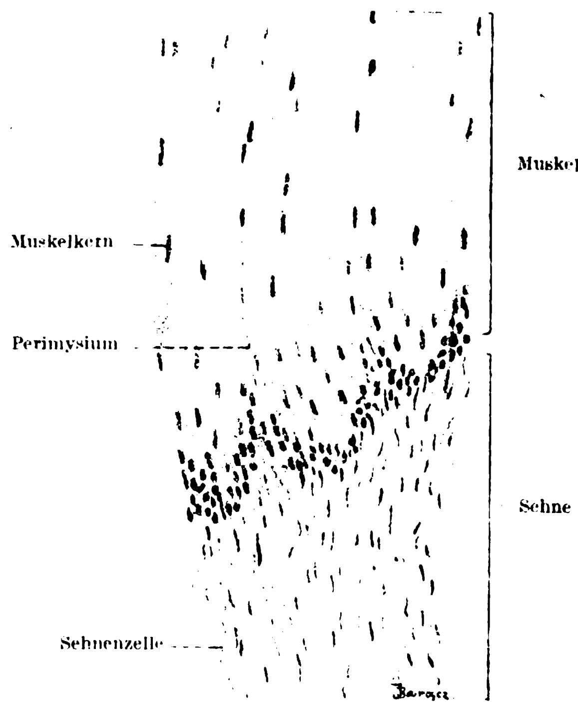


Fig. 312. Aus einem Längsschnitte durch den M. gastrocnemius des Frosches.

Es ist die Übergangsstelle des Muskels in die Sehne zu sehen. Ca. 200mal vergrößert.

In den Fällen, wo der Muskel sich direkt an das Periost oder an eine Faszie anheftet, stellt das Perimysium die Verbindung her, indem es kontinuierlich in das Bindegewebe dieser Teile übergeht.

Die Blutgefäße der Sehnen bilden im Peritenonium ein reiches Gefäßnetz, von dem der Hauptsache nach die Ernährung der Sehne erfolgt. Im Inneren der Sehne finden sich, und zwar nur innerhalb

der Bindegewebssepten, höchst spärliche Blutgefäße. Ganz ähnlich verhalten sich die Lymphgefäße.

Mit sensiblen Nerven sind die Sehnen recht reichlich versehen. Sie enden hier in besonderen mit bindegewebiger Hülle versehenen Körperchen, den Golgischen Sehnenspindeln oder in Vater-Pacinischen Körperchen.

Die Sehnenscheiden (Vaginae tendinum) sind als aus zwei konzentrischen Hohlzylindern bestehende Gebilde aufzufassen, dem inneren, d. i. dem viszeralen, und dem äußeren, dem parietalen. Der erstere ist mit der Sehne verwachsen, der letztere wird vom ersteren durch einen Spalt, die Scheidenhöhle getrennt, die mit einer der Gelenksynovia ähnlichen Masse gefüllt ist. Beide Zylinder gehen an den Enden der Scheide unmittelbar ineinander über. Das parietale Blatt ist ziemlich dick und in seinem Bau der Gelenkkapsel ähnlich. Man kann an ihm zwei Schichten unterscheiden: eine äußere, fibröse und eine aus platten Zellen bindegewebigen Ursprungs gebildete innere. Sie gleichen in ihrer Anordnung einem Endothelium, das auf die Sehnenoberfläche übergehend, das sehr dünne viszerale Scheidenblatt liefert.

Unter Faszien verstehen wir Häute oder Blätter aus straffem Bindegewebe, welche einzelne Muskeln oder ganze Gruppen von solchen abgrenzen. Die kollagenen Fasern liegen in ihnen sehr dicht, mit zahlreichen elastischen Fasern vermischt, in mehreren Schichten übereinander, so daß die Faserrichtungen in den einzelnen Schichten sich kreuzen.

VII. Das Nervensystem.

Das Nervensystem entwickelt sich aus dem äußeren Keimblatt, dem Ektoderm der Embryonalanlage, und zwar aus einem in der Medianlinie dieses Blattes verlaufenden Zellstreifen. Hier verdickt sich das Ektoderm durch Längenwachstum seiner Zellen und bildet einen medianen Längswulst, die Nervenplatte. Dadurch, daß sich die Seitenränder dieser Platte aufwulsten, entsteht eine Rinne und durch Schluß derselben ein epitheliales Rohr, das primitive Nervenrohr. Sein kranialer Abschnitt wandelt sich durch komplizierte Abschnürungs- und Faltungsprozesse zu einem voluminösen Organ, dem Gehirn um, während die mittleren und kaudalen Partien des Nervenrohres durch starkes Wachstum ihrer Wand einen dicken zylindrischen Strang mit minimaler zentraler Höhlung, das Rückenmark, bilden, das als direkte Fortsetzung des Gehirns die Medianlinie des Rumpfes in seiner dorsalen Partie durchsetzt. Beide zusammen, Gehirn und Rückenmark, bilden das zentrale Nervensystem. Das periphere Nervensystem entsteht dadurch, daß

erstens zellige Elemente aus dem Zentralorgan auswandern, ohne jedoch ihre Verbindung mit ihm einzubüßen, und daß zweitens die Neuriten gewisser Nervenzellen aus dem Zentralorgan austreten müssen, um zu ihren peripheren Endstätten zu gelangen.

Den wesentlichen Bestandteil des gesamten Nervensystems bildet das Nervengewebe, dessen Bau im allgemeinen Teil unseres Lehrbuches eingehend erörtert worden ist. Dazu kommen noch in dem Zentralorgan: ein besonderes Stützgewebe, Neuroglia genannt, ferner die bindegewebige Hüllen und die ernährenden Blutgefäße.

Wir hatten früher gesehen, daß das Nervengewebe aus Zellen mit verschiedenartig gestalteten Fortsätzen, den Nervenzellen, besteht. Als Fortsätze lernten wir Dendriten und Neurit kennen. Jede Nervenzelle mit ihren zugehörigen Dendriten und dem von ihr ausgehenden Neurit bezeichneten wir als ein Neuron. Jedes Neuron entwickelt sich aus einer einzigen Zelle und ist einer solchen gleichwertig. Es ist aber nicht nur eine genetische Einheit, sondern es bewahrt auch seine Selbständigkeit während des ganzen Lebens so weit, daß wir es auch als eine morphologische Einheit bezeichnen dürfen. Das gesamte Nervensystem, das zentrale und periphere, baut sich nun aus zahllosen, hinter- und nebeneinander geschalteten Neuronen auf, die sämtlich selbständige Individuen sind, d. h. die Neurofibrillen, die, wie wir sahen, ja das wesentliche, wenn auch vielleicht nicht einzig leitende Element im Neuron bilden, überschreiten niemals die Grenze eines Neurons. Die Berührung, in welche Fibrillen benachbarter Neuronen treten, kann eine außerordentlich innige werden, aber immer nur im Kontaktwege; zu einer wirklichen Verbindung, zu einer Kontinuität der Neurofibrillen verschiedener Neuronen kommt es aber nicht. Das Neuron ist endlich eine funktionelle und trophische Einheit, wofür Tatsachen aus der Physiologie und Pathologie sprechen. Vor über einem halben Jahrhundert wies Waller experimentell nach, daß die Nervenzelle das trophische Zentrum der Nervenfaser sei, die letztere nur ihren untrennbaren Ausläufer darstellt. Die in ihrem Verlaufe durchschnittene Nervenfaser degeneriert nämlich rasch in ihrem peripheren, von der zugehörigen Nervenzelle abgetrennten Abschnitte, wogegen sie in der zentralen Partie intakt bleibt.

Es soll nun nicht verschwiegen werden, daß die Neuronenlehre, auf deren Standpunkt wir uns in unserem Lehrbuch stellen, zahlreiche Gegner besitzt, die sie mit vielen, schwer wiegenden Gründen bekämpfen. Die Neuronenlehre ist begründet worden durch Bidder und Kupffer, His und Golgi und sie wurde weiter ausgebaut von Kölliker, Waldeyer, Ramón y Cajal, Retzius, v. Lenhossék, van Gehuchten und vielen anderen. Ihrem Fundamentalsatz, daß jede Nervenfaser durch Auswachsen des Neuriten einer einzigen

Zelle entsteht, ist in entschiedener Weise von **Balfour**, **Dohrn**, den Gebrüdern **Hertwig**, **van Wijhe**, **O. Schultze** und anderen entgegengetreten worden, welche für den peripheren Nerven einen vielzelligen Ursprung annehmen. Andererseits wurde auch der Satz von der morphologischen Einheit des Neurons, gestützt auf die Befunde am Nervensystem wirbelloser Tiere, vor allem von **Apáthy** und **Bethe** bekämpft, die durchlaufende Fibrillen an vielen Stellen nachgewiesen haben wollen. Den Gegnern der Neuronenlehre zufolge ist die nervöse Leitungsbahn kontinuierlich, ihre Elemente vereinigen sich in gewissen Abständen mittels interzellulärer, perizellulärer und intrazellulärer Netze in ein ununterbrochenes Ganze. Die Neurofibrillen, welche die eigentlichen Leiter darstellen, sind innerhalb der Zellen, welche nur sekundäre, unwesentliche Bestandteile sind, nicht unterbrochen. Auch heute steht die ganze Streitfrage im Vordergrunde des biologischen Interesses, heftig wogt der Streit hin und her, und es läßt sich noch keineswegs absehen, zu wessen Gunsten er entschieden wird. Sollte sich aber auch wirklich, woran wir, wie gesagt, sehr zweifeln, die gänzliche Unhaltbarkeit der Neuronenlehre ergeben, so muß ihr doch zugestanden werden, daß sie für die Erkenntnis des Nervensystems Großes geleistet hat.

Wenn wir nach diesen Vorbemerkungen uns nun zunächst zur Besprechung des Baues des zentralen Nervensystems wenden, so sei vorausgeschickt, daß eine erschöpfende Darstellung dieser Materie im Rahmen des vorliegenden Lehrbuches unmöglich ist und Spezialwerken überlassen werden muß. Wir wollen uns hier nur etwas eingehender mit dem Bau des Rückenmarkes beschäftigen und des ferneren in allgemeinen Zügen die Strukturverhältnisse der Kleinhirnrinde und Großhirnrinde erörtern.

1. Zentrales Nervensystem.

A. Rückenmark.

Über die gröberen Bauverhältnisse des Rückenmarkes geben Querschnitte, welche nach der **Weigert**schen Markscheidenmethode gefärbt sind, die besten Aufschlüsse. Durch diese Methode wird die Markscheide der Nervenfasern tief schwarzblau gefärbt, während alle übrigen Strukturelemente in einem hellen Gelbbraun erscheinen (Taf. LXVI. Fig. 313—319). Schon mit bloßem Auge erkennen wir an einem derartigen Rückenmarksschnitte zwei verschiedene Substanzen, eine blauschwarz gefärbte, welche die Peripherie der beiden Rückenmarkshälften einnimmt, und eine hellbraune, die die zentralen Partien beider Rückenmarkshälften okkupiert. Letztere erscheint am frischen Rückenmarksquerschnitte mattgrau, wir bezeichnen sie deshalb als **graue Substanz**, erstere dagegen führt wegen ihres hellen, weiß-

glänzenden Aussehens den Namen weiße Substanz. Beide graue Hälften sind durch eine schmale Brücke miteinander verbunden, Commissura grisea s. posterior, so daß die Gesamtmasse der grauen Substanz die Figur eines H annimmt. Den Querbalken des H bildet die graue Kommissur (siehe auch Taf. LXVII und LXVIII, Fig. 320 bis 323). Jeder der beiden senkrechten Balken schwillt in seinem ventralen Abschnitt zu einem dicken kolbigen Gebilde an, das wir als das Vorderhorn (Cornu anterius) bezeichnen. Es erreicht die Rückenmarksperipherie niemals, sondern ist nur durch feine Züge, auf den Rückenmarksquerschnitten längsgetroffener, also im ganzen Rückenmark querverlaufender Nervenfasern, den vorderen Wurzelfasern, Radices anteriores, mit ihr verbunden.

Das hintere, dorsale Ende eines jeden Balkens des H läuft spitz gegen den Sulcus lateralis posterior und biegt dabei in nach außen offenem Winkel ab. Es ist dies das Hinterhorn, Cornu posterius.

Zwischen Vorder- und Hinterhorn endlich ragt in die weiße Substanz eine dreieckige Markmasse hinein und bildet das Seitenhorn, das Cornu laterale, welches im oberen Brust- und unteren Halsmark am stärksten entwickelt ist. Da das eben beschriebene Bild auf den Rückenmarksdurchschnitten in allen Höhen vorkommt, so folgt daraus, daß die im Innern der weißen Rückenmarkssubstanz gelegene graue Masse Säulen bildet, die das Rückenmark seiner ganzen Länge nach durchsetzen, und daß wir so zwei den Vorderhörnern entsprechende Vordersäulen (Columnae anteriores), zwei Hintersäulen (Columnae posteriores) den Hinterhörnern und zwei ungleichmäßig entwickelte Seitensäulen (Columnae laterales) den Seitenhörnern entsprechend unterscheiden können.

Zwischen den beiden Vorderhörnern werden die beiden Rückenmarkshälften durch die breite Fissura mediana anterior getrennt. Sie erreicht die graue Kommissur nicht, so daß hier die beiden weißen Rückenmarkshälften durch eine schmale Brücke weißer Substanz, die vordere Kommissur, Commissura anterior, in Verbindung stehen. Dorsalwärts, hinten werden dagegen die beiden weißen Rückenmarkshälften in der Mitte zwischen den beiden Hinterhörnern durch das von der hinteren Kommissur zum Sulcus medianus posterior verlaufende Septum posterius vollständig voneinander getrennt.

Innerhalb der hinteren Kommissur genau in der Mittellinie erscheint der Querschnitt des Zentralkanals (Canalis centralis).

An der hinteren, dorsalen Peripherie des Rückenmarks treten die hinteren Wurzeln im geschlossenen Zuge in das Rückenmark ein. Ihr Eintritt wird durch eine seichte Furche den Sulcus lateralis posterior gekennzeichnet. Die eintretenden hinteren Wurzeln sondern in jeder Rückenmarkshälfte einen Teil der weißen Substanz zwischen sich und dem Septum posterius ab. Wir bezeichnen ihn

als den Hinterstrang (Funiculus posterior). Ebenso, nur weniger präzise, trennen die mehr ungleichmäßig in Form einzelner Bündel austretenden Vorderwurzeln jederseits einen Teil der weißen Substanz, zwischen ihnen und der Fissura mediana anterior gelegen, als Vorderstrang (Funiculus anterior) ab. An ihrer Austrittsstelle erscheint eine schwache Vertiefung, der Sulcus lateralis anterior. Die ganze übrige Hauptmasse der weißen Substanz, welche zwischen austretenden Vorder- und eintretenden Hinterwurzeln liegt, bildet den Seitenstrang (Funiculus lateralis). In dem Hals- und dem oberen Brustteil des Rückenmarks ist zwischen dem Sulcus medianus posterior und lateralis posterior eine unbedeutende Furche, der Sulcus intermedius posterior, zu sehen.

Wie die Querdurchschnitte des Rückenmarks zeigen, beginnt die Hintersäule bzw. das Hinterhorn dorsalwärts von den Seitensäulen mit einer breiten Basis (Basis columnae posterioris), die sich jedoch bald halsartig zur Cervix columnae posterioris verdünnt. Dabei weicht die Hintersäule mehr oder weniger in ihrer Richtung nach lateralwärts ab und bildet mit der Vordersäule einen offenen Winkel. Jenseits der Zervix verdickt sich die Hintersäule in das Caput columnae posterioris. Peripheriewärts wird dieser Teil von einer halbmondförmigen Masse grauer Substanz von ausgeprägt glasartigem Aussehen, der Substantia gelatinosa Rolandi umfaßt. Weiter nach außen folgt dann die schwammartige Schicht (Zona spongiosa), gegen die Oberfläche des Rückenmarks endlich die sog. Lissauersche Randzone (Zona terminalis) als kleines lichtes Feld, aus feiner weißer Substanz gebildet, welches auf allen Rückenmarkshöhen die graue Substanz der Hinterhörner von der Rückenmarksoberfläche trennt (Taf. LXXI, Fig. 327).

Bevor wir nun auf den feineren Bau der beiden Substanzen eingehen, wollen wir kurz besprechen, welche Veränderungen seiner Form und Größe der Rückenmarksquerschnitt in den verschiedenen Höhen des Markes erleidet (Taf. LXVI, Fig. 313—319). Da wäre zunächst zu bemerken, daß die Form des Rückenmarksquerschnittes in charakteristischer Weise in den verschiedenen Lebensaltern Änderungen erfährt. Im frühen Kindesalter erscheint der Querschnitt im allgemeinen oval, er rundet sich vom dritten Lebensjahr an dadurch immer mehr ab, daß die Hinterstränge dorsalwärts auswachsen. Im späteren Lebensalter weichen aber die Hintersäulen wieder mehr lateralwärts auseinander und es nimmt so die Länge der Hinterstränge wieder mehr ab und der Querschnitt wird wieder mehr oval (Stern).

Den größten Querschnitt zeigt das Rückenmark in der Höhe des IV. Halsnerven, 0,843 qcm, im Dorsalmark schwankt der Querschnitt zwischen 0,547 und 0,408 qcm, steigt dann in der Höhe des

I. Lendennerven wieder auf 0,542 qcm, um nun ziemlich gleichmäßig zum Conus terminalis abzunehmen. Ganz ähnliche Verhältnisse zeigt die weiße Substanz. Die graue Substanz erreicht ihre höchste Entwicklung, 0,190 qcm, in der Höhe des V. Lendennerven. Das Verhältnis der grauen zur weißen Substanz gestaltet sich für die erstere am günstigsten im Sakralmark, wo beide an Ausdehnung sich ungefähr gleichkommen, am ungünstigsten im mittleren Dorsalmark, wo die weiße Substanz die graue um das 12—13fache übertrifft (R. Krause und Aguerre).

Die Veränderungen, welche der Rückenmarksquerschnitt in den verschiedenen Höhen des Markes erleidet, bestehen einmal in einer Veränderung des Gesamtquerschnittes, zweitens in einer Veränderung der Form der grauen Substanz und ihrer einzelnen Teile und schließlich, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, in einer Änderung des Verhältnisses zwischen grauer und weißer Substanz. Über alle diese Punkte werden die in den Fig. 313—319 der Taf. LXVI dargestellten Querschnittsbilder rascher und besser als eine langatmige Beschreibung orientieren.

Die graue Substanz.

Die graue Substanz erhält ihr hauptsächlichstes Gepräge durch zahlreiche Nervenzellen, die in ihr teils zerstreut, teils in charakteristische Gruppen geordnet liegen. Außerdem enthält sie aber zahllose markhaltige und marklose Fasern, Gliagewebe und Blutgefäße. Wir wollen bei unserer Beschreibung so vorgehen, daß wir zunächst die Nervenzellen getrennt in Vordersäule, Seitensäule und Hintersäule beschreiben und eine gemeinsame Besprechung der Fasern der grauen Substanz anschließen. Über die Glia des Rückenmarkes soll in einem besonderen Abschnitte gehandelt werden. Der Beschreibung der Nervenfasern der grauen Substanz soll sich dann die Schilderung der Kommissuren und des Zentralkanals anschließen.

Die Vordersäule. Die ventralen Abschnitte der grauen Substanz zeichnen sich vor allen anderen Teilen durch ihren Reichtum an großen, multipolaren Nervenzellen aus (Fig. 324). Sie finden sich zu mehreren, nicht immer ganz streng voneinander zu trennenden Gruppen vereinigt, von denen wir zwei ventrale und zwei dorsale unterscheiden können (Taf. LXVII, Fig. 320 u. Fig. 324). Die ventromediale oder vordere mediale Gruppe nimmt die innere Ecke des Vorderhornes, die ventrolaterale die äußere ventrale Ecke ein. Die dorsolaterale oder hintere laterale Gruppe okkupiert die gleichnamige Ecke des Vorderhornes und die dorsomediale oder hintere mediale Gruppe liegt zwischen der ventromedialen Gruppe und der vorderen Kommissur. Von diesen Gruppen sind die beiden lateralen fast überall

mächtiger entwickelt als die medialen, von denen wieder die dorsomediale den geringsten Umfang zeigt.

Untersucht man die graue Substanz auf Längsschnitten des Rückenmarkes, so lassen diese Zellgruppen auch eine deutliche Segmentierung erkennen, so daß sie sich im ganzen Rückenmark zu zahlreichen übereinander gelegenen Gruppen anordnen.

Außer diesen gruppenbildenden Zellen finden sich aber auch noch überall in der Vordersäule zerstreute Zellen, die sich keiner der erwähnten Gruppen unterordnen.

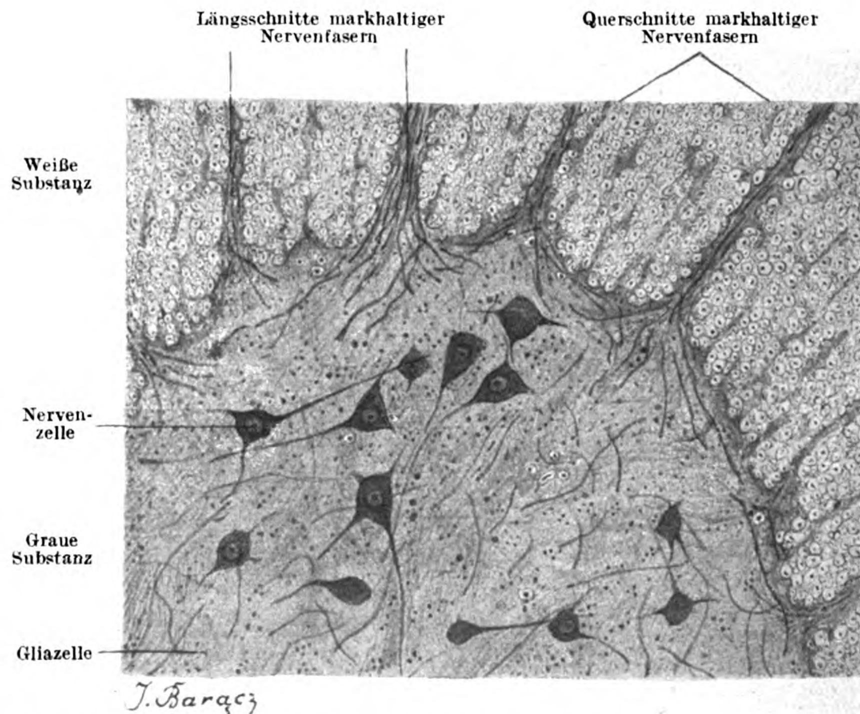


Fig. 324. Die vordere Hälfte des Vorderhornes vom Rückenmarke des Kalbes. Aus einem Schnitt durch die Halsanschwellung.

Ca. 80mal vergrößert.

Die Nervenzellen, welche sich in der Vordersäule finden, lassen sich in bezug auf das Verhalten ihrer Neuriten in drei Gruppen trennen. Bei den meisten Zellen verläßt der Neurit die graue Substanz und wird, indem er die weiße Substanz quer durchsetzt, zu einer vorderen Wurzelfaser; wir bezeichnen diese Zellen deshalb als Vorderwurzelzellen oder motorische Zellen. Die zweite Art von Zellen schickt ihren Neuriten in die vordere Kommissur, sie heißen deshalb Kommissurenzellen; bei der dritten Zellart, den Strangzellen, wendet sich der Neurit aus der grauen Substanz in den Seitenstrang, um in ihm weiter zu verlaufen (Taf. LXIX, Fig. 325).

Die Vorderwurzelzellen bilden das typische Beispiel multipolarer Nervenzellen, wie wir sie in dem allgemeinen Teil unseres Lehrbuches geschildert haben. Sie erreichen einen Durchmesser bis zu 150 μ, gehören also zu den größten Zellen des menschlichen Körpers, die auch dem unbewaffneten Auge noch eben erkennbar sind. Ihre Zahl ist in den verschiedenen Abschnitten des Rückenmarkes verschieden groß; immer da, wo eine Vorderwurzel austritt, zeigt sich eine erhebliche Zunahme der Zahl, zwischen zwei Wurzeln eine deutliche Abnahme.

Ihre Form ist im allgemeinen die eines Sternes, doch finden sich auch mehr oder weniger langgestreckte Zellen. Ihre Dendriten, bis zu zehn an der Zahl, verzweigen sich nicht allein in der grauen Substanz der Vorder- und Seitensäule, sondern dringen auch darüber hinaus in die weiße Substanz ein. Bei Embryonen ist dieses Verhalten viel allgemeiner zu beobachten als beim Erwachsenen, bei niederen Wirbeltieren gelangen die Dendriten sogar bis an die Rückenmarksperipherie.

Der Neurit der Vorderwurzelzelle entspringt entweder aus dem Zellkörper selbst oder aus einem Dendriten. Beim Abgang von der Zelle ist er außerordentlich dünn, bildet meist eine charakteristische Schleife und dann einen engeren oder weiteren Bogen, um zur Austrittsstelle der vorderen Wurzeln zu gelangen (Taf. IX, Fig. 92). Es ist Golgis großes Verdienst, gezeigt zu haben, daß der Neurit kurz vor seinem Eintritt in die weiße Substanz feine Ästchen abgibt, die sog. motorischen Kollateralen, die sich innerhalb der grauen Substanz vielfach verästeln. Sie sind beim Menschen weniger zahlreich als z. B. beim Kaninchen, aber doch immer ganz konstant vorhanden. Sie sollen nach Kölliker zellulifugal leiten und so einzelne motorische Zellen miteinander verbinden, nach v. Lenhossék dagegen leiten sie zellulipetal und sind den Dendriten gleichwertige Bildungen.

Über den feineren Bau der Vorderhornzellen können wir durchaus auf das im allgemeinen Teil Gesagte verweisen, dem hier nichts mehr hinzuzufügen wäre.

Unter den Zellen des Vorderhornes sind von Ramón y Cajal, Lenhossék, Retzius u. a. auch Zellen nachgewiesen worden, die ihren Neuriten nicht in die Vorderwurzel, sondern durch das Hinterhorn hindurch in die hintere Wurzel schicken. Ob es sich hier, wie Kölliker, Steinach u. a. annehmen, um motorische Zellen des sympathischen Nervensystems handelt, ist zur Zeit noch eine offene Frage.

Die Kommissurenzellen (Taf. LXIX, Fig. 325) finden sich hauptsächlich in den medialen Partien des Vorderhornes und dringen bis gegen den Zentralkanal in die vordere Kommissur ein. Sie werden dadurch charakterisiert, daß ihr Neurit durch die vordere Kommissur

hindurchtritt und in den Vorderstrang der weißen Substanz der Gegenseite gelangt, in der er sich T-förmig teilt. Die beiden Teiläste nehmen im Vorderstrang einen auf- bzw. absteigenden Verlauf.

Wenn die Kommissurenzellen sich im allgemeinen auch in Form und Größe von den Vorderwurzelzellen nur wenig unterscheiden, so kann man doch sagen, daß sich unter ihnen relativ häufig längliche, spindelförmige Zellen finden, deren Dendriten von den beiden Polen der Zelle ausstrahlen.

Der Neurit entspringt meist aus einem stärkeren Dendriten und zieht sich bogenförmig zur vorderen Kommissur. Auf diesem Weg umgibt er sich mit Mark und wird zu einer markhaltigen Nervenfaser. Indem sich nun die beiderseitigen Fasern in der vorderen Kommissur am Boden der Fissura mediana anterior kreuzen, entsteht das charakteristische Bild jener Kommissur. Kollateralen finden sich an diesen Neuriten wohl auch, aber weit seltener als an den Vorderwurzelneuriten.

Während der größte Teil der Kommissurenzellen das beschriebene Verhalten zeigt, finden wir bei manchen Zellen insofern eine Abweichung, als ihr Neurit nach Ramón y Cajal, bevor er in die Kommissur eintritt, sich gabelt, wobei der eine Ast in den Vorderstrang derselben Seite, der andere in den der Gegenseite geht. Man bezeichnet sie als bilaterale Kommissurenzellen.

Unter den Kommissurenzellen finden sich auch Zellen vom II. Golgischen Typus (vgl. Allgemeiner Teil, S. 128). Ihr Neurit tritt durch die vordere Kommissur in die anderseitige graue Hälfte ein und zerfällt hier in zahlreiche Endästchen (Taf. LXIX, Fig. 325).

Die Strangzellen (Taf. LXIX, Fig. 325) finden sich hauptsächlich in den zentralen Partien des Vorderhorns und zu ihnen gehören die früher erwähnten zerstreuten, sich an keine Gruppe bindenden Zellen. Sie sind auch nicht dem Vorderhorn eigentümlich, sondern finden sich auch in dem Seitenhorn und dem Hinterhorn. Ebensowenig charakteristisch wie ihr Vorkommen ist auch ihre bald sternförmige, bald mehr gestreckte Form. Sie werden nicht über mittelgroß und entwickeln nur wenige, aber dafür sehr lange und dicke Dendriten, deren Verbreitungsbezirk von der Zelle meist recht entfernt liegt.

Der Neurit der Strangzelle tritt immer in die weiße Substanz derselben Seite ein und wird hier zu einer auf- oder absteigenden Nervenfaser. Er unterscheidet sich von den Neuriten aller anderen Zellen dadurch, daß er sich häufig noch innerhalb der grauen Substanz in zwei oder mehr Äste spaltet, die man auch als Schizaxonen bezeichnet hat. Diese Teiläste können dann in sehr verschiedene Partien der weißen Substanz eintreten.

In der weißen Substanz angekommen, biegt der Neurit, der sich schon innerhalb der grauen Substanz mit einem Markmantel um-

geben hat, entweder im rechten Winkel zerebralwärts um oder er teilt sich T-förmig und schickt den einen Ast zerebral, den anderen kaudal.

Die weitaus meisten Strangzellen schicken ihre Neuriten in den Seitenstrang, nur ein kleiner Teil sendet ihn in den Vorderstrang, wo er dann in den mediansten Partien dicht an der Fissura mediana anterior verläuft. Man bezeichnet diese Zellen deshalb auch als Fissurenzellen.

In seltenen Fällen können auch die Strangzellen direkt in die weiße Substanz des Seitenstranges verlagert erscheinen.

Die Seitensäule. Zwischen Vorder- und Hintersäule bildet der Kontur der grauen Substanz einen einspringenden Winkel, den man als Seitenstrangswinkel bezeichnet. In ihm erscheint die weiße Substanz mit grauen Strängen netzmaschenförmig durchsetzt und wird als Formatio reticularis bezeichnet. Dieselbe springt in spitzem Winkel in den Seitenstrang vor. Im Brustmark wird durch Verdichtung aus diesem Maschengewebe eine Seitensäule.

Die Zellen der Seitensäule gehören sämtlich dem Strangzellentypus an, sie schicken ihren Neuriten in den Seitenstrang. Es sind kleine oder mittelgroße Nervenzellen von exquisiter Spindelform, mit polar angeordneten Dendriten.

Die Hintersäule. Die Zellen der Hintersäule lassen eine Gliederung in distinkte Gruppen überhaupt nicht erkennen, sie sind ungleichmäßig und unregelmäßig durch ihre Substanz zerstreut. Nur an einer Stelle heben sich durch ihre Gruppierung Zellen besonders hervor und bilden eine Gruppe, welche in der medialen Partie der Basis an ihrem Übergang in die Zervix gelegen, also nach hinten und außen vom Zentralkanal zu suchen ist. Sie ist von rundem oder ovalem Querschnitt und tritt zuerst im unteren Halsmark auf, um sich von da an durch das ganze Brust- und Lendenmark zu erstrecken. Wir bezeichnen sie als Nucleus dorsalis oder Clarkesche Säule (Taf. LXIX, Fig. 325 u. Taf. LXXI, 327). Ihre Zellen sind multipolar, die Dendriten kurz. Ihr Neurit wendet sich zunächst ventralwärts, um dann, rechtwinklig umbiegend, die graue Substanz zu durchsetzen und in den Seitenstrang einzutreten. Dadurch, daß sich mehrere Neuriten aneinander lagern, entstehen dünnere oder gröbere, die graue Substanz quer durchsetzende markhaltige Nervenfaserbündel, die man auch als Flechsigsche Bündel bezeichnet. Ihre größte Ausdehnung, sowohl in bezug auf die Größe, als auch auf die Zahl der Zellen, erreicht die Clarkesche Säule im mittleren Lendenmark.

Die übrigen Nervenzellen im Caput und der Cervix columnae posterioris sind kleine, höchstens mittelgroße, multipolare Nervenzellen, und zwar zum größten Teil Strangzellen. Sie schicken ihren Neuriten entweder in den Seitenstrang oder in den Hinterstrang.

Nicht allzu selten findet man unter ihnen Zellen vom II. Golgischen Typus. Es sind dies die sog. Binnenzellen, deren stark verästelter Nervenfortsatz aus der grauen Substanz nicht austritt, sondern innerhalb derselben mit Endbäumchen frei endigt (Taf. LXIX, Fig. 325).

Die Substantia gelatinosa Rolandi ist am stärksten entwickelt im Lendenmark, schwächer im Halsmark und am schwächsten im Dorsalmark. Stets bildet sie eine ventralwärts offene Sichel, welche das Caput columnae posterioris umfaßt. Früher nahm man an, daß sie ausschließlich aus Neuroglia bestehe, heute wissen wir dank den Untersuchungen Weigerts, daß sie der gliaärmste Teil des Rückenmarkes ist und vorher hatten schon Stilling, Gierke, Schwalbe, H. Virchow und Ramón y Cajal Nervenzellen in ihr nachgewiesen.

Nach Ramón y Cajal enthält die Rolandosche Substanz drei Arten von Nervenzellen. Der Zervix zunächst liegt eine Schicht sternförmiger Zellen, dann folgt die Zone der pyramidenförmigen Zellen und schließlich finden sich an der Peripherie der Substanz, an der Grenze gegen das Stratum zonale eigenartige Zellen, die Grenzzellen. Die sternförmigen Zellen sind klein, multipolar. Ihr Neurit läßt sich entweder in das Stratum zonale oder den Hinterstrang verfolgen oder aber er splittert sich nach Art des II. Golgischen Typus auf. Die Pyramidenzellen sind von gestreckter Form. Die vom vorderen Zellende entspringenden Dendriten dringen bis ins Caput columnae posterioris ein, der Neurit wendet sich zum Hinterstrang. Beim Embryo sind die Zellen außerordentlich zahlreich, erfahren jedoch im Lauf der Entwicklung eine starke Reduktion. Die Grenzzellen sind große, lang gestreckte, spindelige Zellen, die oft in geschlossener Reihe die Rolandosche Substanz gegen das Stratum zonale abgrenzen. Ihr Neurit durchsetzt ventralwärts die Rolandosche Substanz, biegt dann lateralwärts um und tritt in den Seitenstrang ein.

Innerhalb der Substantia Rolandi findet man nun die Nervenzellen eingebettet in eine mehr oder weniger homogene Grundmasse, die eine außerordentliche Resistenz gegen unsere Färbemittel zeigt. Nach v. Lenhossék soll sie das Produkt einer regressiven Metamorphose derjenigen Zellen sein, die sich im embryonalen Mark hier in großer Zahl finden.

Die Nervenfasern der grauen Substanz. Wenn wir ein nach der Weigertschen Markscheidenmethode gefärbtes Präparat durchmustern, so finden wir in der grauen Substanz zahlreiche markhaltige Nervenfasern, die oft ein sehr dichtes Gewirr bilden (Taf. LXXI Fig. 327). Wir wollen nun in folgendem versuchen, eine kurze Analyse derselben zu geben.

Ein großer Teil dieser Fasern ist uns schon aus der Schilderung der Zellen bekannt. Die weitaus meisten der letzteren entsenden je einen Neuriten, der sich noch innerhalb der grauen Substanz mit Mark umgibt und damit eine markhaltige Faser darstellt, die die graue Substanz durchsetzt, um in die weiße einzutreten. Außer diesen austretenden Fasern besitzt aber die graue Substanz auch noch einstrahlende Fasern.

Es ist das unvergängliche Verdienst von Camillo Golgi, die Tatsache aufgedeckt zu haben, daß die in der weißen Substanz des Rückenmarkes verlaufenden markhaltigen Fasern in kurzen Intervallen markhaltige Seitenäste unter rechtem Winkel in die graue Substanz hineinsenden, die sog. Kollateralen. Wesentlich erweitert und vertieft wurden diese Befunde durch Ramón y Cajal und Kölliker. Je nach dem Abzweigungsort der Kollateralen unterscheiden wir Kollateralen des Vorderstranges, des Seitenstranges und des Hinterstranges (Taf. LXIX, Fig. 325 u. Taf. LXX, Fig. 326).

Die Kollateralen des Vorderstranges treten in die Vordersäule ein, verlieren in ihr bald ihr Mark und enden in Endbäumchen an den Vorderwurzelzellen und den Kommissurenzellen. Sie sind beim Menschen im allgemeinen spärlich entwickelt. Ungleich zahlreicher sind die Kollateralen, welche die Seitenstrangfasern zur grauen Substanz entsenden und auf sie ist ein großer Teil jenes dichten Flechtwerkes markhaltiger Fasern in der grauen Substanz zurückzuführen. Die Seitenstrangkollateralen versorgen fast alle Gebiete der grauen Substanz und enden an den Zellen der Vordersäule, der Seitensäule, wie auch der Hintersäule. Noch weit bedeutungsvoller als sie sind aber die Kollateralen des Hinterstranges; sie schließen sich bei ihrem Durchtritt durch das Hinterhorn zu einzelnen markhaltigen Bündeln zusammen, die dann jenes charakteristische, streifige Aussehen der Rolandoschen Substanz (Taf. LXXI, Fig. 327), sowie des Caput und der Cervix columnae posterioris in Weigertpräparaten bedingen. Ein Teil endigt im Caput columnae posterioris an den hier gelegenen kleinen Zellen; ein zweiter Teil tritt als geschlossenes Bündel in die Clarkesche Säule ein; eine jede Faser bildet, nachdem sie marklos geworden, um jede Clarkesche Zelle einen dichten Endkorb. Die auffallendsten und wichtigsten Hinterstrangskollateralen aber faßt man unter dem Namen des Köllikerschen Reflexbündels zusammen. Sie durchsetzen in dichtem Zuge die mediane Partie des Caput columnae posterioris und der Substantia Rolandi, lockern sich in der Cervix columnae posterioris allmählich auf und strahlen fächerförmig in die Seiten- und Vordersäule ein, um hier mit feinen Endarborisationen die großen Vorderwurzelzellen zu umgeben. Dabei zerfällt jede Faser, nachdem sie ihr Mark verloren, in mehrere Zweige, die sich mit feinen Knöpfchen an die Zellkörper oder ihre Dendriten anlagern.

Der Zentralkanal. Der Zentralkanal liegt in der Medianlinie des Rückenmarks auf der Grenze zwischen der hinteren Kommissur und der vorderen Kommissur. Seine Weite schwankt zwischen 0,045 und 0,1 mm, am engsten ist er im Dorsalmark; am Ende des Conus terminalis erweitert er sich zunächst zu einem T-förmigen Spalt, dann zu einem gefalteten Sack, dem Ventriculus terminalis, der in den blind endigenden Zentralkanal des Filum terminale übergeht. Der Ventriculus terminalis bildet sich nach Argutinsky erst sekundär in der zweiten Hälfte des Embryonallebens durch Wucherung der Wand des Zentralkanals. Im Halsmark ist das Lumen des Kanals

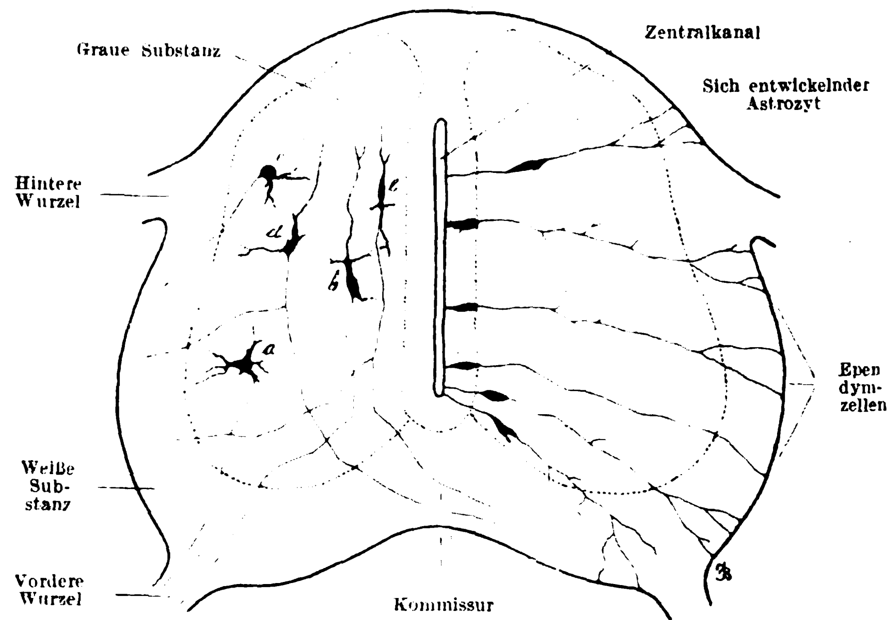


Fig. 328. Querschnitt durch das Rückenmark eines achttägigen Hühnerembryos. Links Nervenzellen, rechts Neurogliazellen. *a* und *b* = motorische Zellen, *c* = Seitenstrangzelle. *d* und *e* = plurifunikulare Zellen. Ca. 80mal vergrößert.

ein zunächst sagittal, später ein frontal gestellter Spalt, im Brustmark ist sein Lumen meist rund, um im Lendenmark wieder zu einem sagittalen Spalt zu werden (Taf. LXVI, Fig. 313—319). Der Zentralkanal ist beim Erwachsenen nur selten in seiner ganzen Länge wegsam, gewöhnlich verwächst er wenigstens stellenweise.

Der Zentralkanal ist mit einem flimmernden Zylinderepithel ausgekleidet. Jede Zelle hat einen großen Kern sowie deutliche Basalkörperchen und setzt sich peripher in einen mehr oder weniger weit in die Rückenmarkssubstanz vordringenden Fortsatz fort. Wir bezeichnen die Zellen als Ependymzellen, ihren Fortsatz als Ependymfaser (Fig. 328).

Der Zentralkanal wird umgeben von einer an gliösen Elementen außerordentlich reichen Masse, der Substantia gelatinosa centralis. Ihr Bau, sowie die genauere Beschreibung der Ependymzellen wird bei der Besprechung der Neuroglia eingehend behandelt werden.

Die hintere Kommissur. Die hintere Kommissur oder graue Kommissur erstreckt sich vom hinteren, dorsalen Umfang der Substantia gelatinosa centralis zum Septum posterius und verbindet beide graue Rückenmarkshälften. Sie wird senkrecht von zahlreichen Ependymfasern durchsetzt, welche in das Septum posterius eintreten; der Länge nach durchlaufen sie markhaltige Nervenfasern, die von einer grauen Rückenmarkshälfte zur anderen streben (Taf. LXXI, Fig. 327).

Sie enthält in überwiegendem Maße Kollateralen des Seitenstranges und Hinterstranges, welche zu den Zellen der Vorder- und Hintersäule der Gegenseite sich wenden, außerdem aber auch Fasern, welche als Neuriten von Hinterhornzellen entspringen und zur entgegengesetzten Hintersäule sich wenden. Die Fasern verlaufen meist in parallelen Bündeln, doch kommt es auch zu teilweiser Durchkreuzung.

Die vordere Kommissur. Die vordere Kommissur gehört in ihrer Hauptmasse zur weißen Substanz und nur ein kleiner schmaler, dorsaler Abschnitt, der dorsalwärts an die Substantia gelatinosa centralis stößt, muß noch zur grauen Substanz gerechnet werden. Charakteristisch für die vordere Kommissur sind die sich unter mehr oder minder stumpfem Winkel kreuzenden, relativ dicken markhaltigen Nervenfasern (Taf. LXXI, Fig. 327). Es sind dies im wesentlichen die Neuriten der Kommissurenzellen, die, wie wir sahen, unter Umständen selbst in die Kommissur verlagert werden können. Auch die Dendriten dieser Zellen treten vielfach durch die Kommissur in die andere Rückenmarkshälfte hinüber. Wie die hintere Kommissur, so wird auch die vordere, wie später auseinandergesetzt werden soll, von Ependymfasern reichlich durchsetzt.

Die weiße Substanz.

Die weiße Substanz besteht aus längsverlaufenden Nervenfasern von dreifachem Ursprung. Entweder sind die Fasern Neuriten von Nervenzellen, welche in der grauen Substanz des Rückenmarks liegen, oder sie sind Neuriten der Spinalganglienzellen und treten als hintere Wurzeln in die Hinterstränge ein oder schließlich kann es sich auch um Neuriten handeln, die von Zellen des Gehirns ausgehen und in das Rückenmark herabsteigen. Außer diesen längsverlaufenden Fasern enthält die weiße Substanz aber auch querverlaufende Fasern, die uns ja schon bekannten in die graue Substanz

einstrahlenden Kollateralen, und rechtwinklig umbiegenden Faserenden.

Die Fasern besitzen sämtlich eine Markscheide und sind von sehr verschiedenem Kaliber, die dicksten Fasern finden sich im dorsalen Teil der Seitenstränge, dann folgen die Fasern der Vorderstränge und die dünnsten Fasern finden sich in den Hintersträngen (Fig. 329).

Die einzelnen Fasern werden mehr oder weniger durch Neuroglia voneinander getrennt und durch gliöse Septen zu gröberen und feineren Bündeln vereinigt. Nach außen wird die weiße Substanz durch die sog. Gliahülle abgeschlossen, welche aus dicht aneinander gelagerten Gliafasern und -zellen besteht.

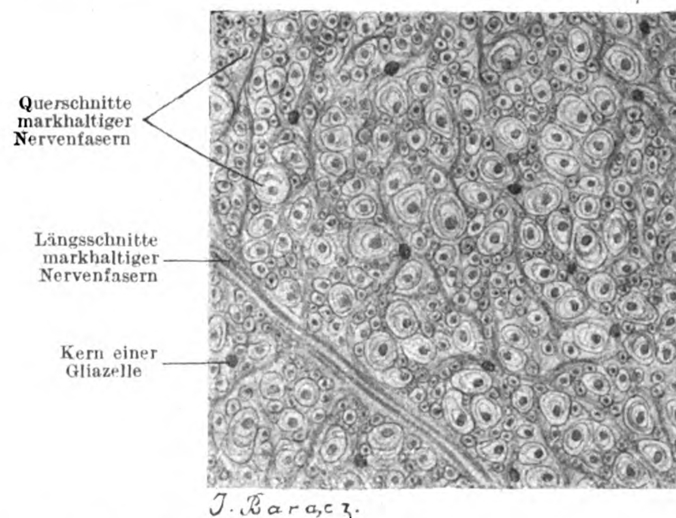


Fig. 329. **Querschnitt durch die weiße Substanz vom Rückenmarke des Ochsen.** Ca. 260mal vergrößert.

Wie wir schon früher sahen, unterscheiden wir in der weißen Substanz einer jeden Rückenmarkshälfte einen Vorderstrang, einen Seitenstrang und einen Hinterstrang. Die Abgrenzung des Vorderstrangs gegen den Seitenstrang wird durch die Vorderwurzeln gegeben; da diese aber in einzelnen Bündeln durch die weiße Substanz hindurchtreten, so ist diese Begrenzung naturgemäß keine sehr scharfe. Viel schärfer ist dagegen die hintere Begrenzung des Seitenstranges durch die Hintersäule und die hinteren Wurzeln, denn die letzteren dringen in die weiße Substanz in kompakter Masse ein.

In jedem einzelnen Strange unterscheidet man nun noch eine Anzahl von Unterabteilungen, welche für die Leitungsverhältnisse im Rückenmark von größter Bedeutung sind und von uns deshalb kurz besprochen werden sollen. Diese einzelnen Abteilungen lassen sich im Rückenmark des Erwachsenen nicht mehr ohne weiteres

mit dem Mikroskop erkennen und trennen, dagegen ist dies im embryonalen Mark möglich infolge des Umstandes, daß die Fasern der einzelnen Abteilungen sich zu verschiedenen Zeiten mit einer Markscheide umgeben.

Im Hinterstrange unterscheiden wir zwei Unterabteilungen, den Gollschen Strang, Fasciculus gracilis und den Burdachschen Strang, Fasciculus cuneatus (Fig. 330). Ersterer grenzt median an das Septum posterius und ist auf dem Rückenmarksquerschnitt von keilförmiger Gestalt. Die Basis bildet die dorsale Rückenmarkszirkumferenz vom Sulcus medianus posterior zum Sulcus intermedius posterior, die Spitze des Keils liegt im Septum posterius mehr oder weniger weit von der hinteren Kommissur entfernt. Der Burdachsche Strang okkupiert den ganzen Rest des Hinterstranges und wird von dem vorigen unvollständig durch ein Gliaseptum getrennt, das vom Sulcus intermedius posterior nach innen ventral mehr oder weniger weit in die weiße Substanz eindringt. Dieses Septum ist im Halsmark sehr deutlich entwickelt, verliert sich aber im Dorsalmark mehr und mehr. Der Gollsche Strang enthält durchschnittlich feinere Fasern als der Burdachsche.

Die Fasern der Hinterstränge stammen vor allem von den hinteren Wurzeln. Durch diese letzteren treten nämlich die Nervenfortsätze der Spinalganglienzellen ins Rückenmark ein (Taf. LXX, Fig. 326 Spgz). In die Hinterstränge eingetreten, teilt sich jede derselben sogleich in eine auf- und eine absteigende Stammfaser. Jede dieser Fasern gibt viele Seitenäste (Kollateralen) ab, welche in die graue Substanz eintreten und an irgend einer Stelle derselben mit äußerst feinen Verzweigungen endigen. Endverzweigungen der Hinterstrangfasern finden wir (Taf. LXIX, Fig. 325) in der Substantia gelatinosa, in den Clarkeschen Säulen und in den Vorderhörnern in der Gegend der Gruppen der großen motorischen Zellen (Reflexkollateralen der sensiblen Wurzeln). Nur sehr wenige dieser Kollateralen gehen durch die hintere Kommissur auf die andere Seite über, woselbst sie in den Hinterhörnern endigen. Die absteigenden Fasern reichen niemals weit nach unten, während die aufsteigenden sich zum Teil bis zum verlängerten Mark verfolgen lassen. Sowohl die auf-, als auch die absteigenden Fasern endigen in der grauen Substanz auf dieselbe Art wie die Kollateralen.

Die aufsteigenden Äste der aus den Spinalganglien stammenden Fasern ziehen während ihres Verlaufes innerhalb der Hinterstränge nicht allein aufwärts, sondern auch gleichzeitig medialwärts, indem die neu eintretenden Fasern der hinteren Wurzeln sich immer lateral von den tiefer eintretenden Fasern lagern. Es werden daher auf dem Querschnitte des Halsmarkes die Fasern für die untere Extremität ganz medial am Septum posterius im Gollschen Strang angetroffen,

während die Fasern für die obere Extremität ganz lateral im Burdachschen Strang verlaufen. Die absteigenden Äste sammeln sich in einem der Zervix des Hinterhorns angelagerten Feld des Burdachschen Stranges, dem kommaförmigen Feld (Schultze) (Fig. 330).

Einen geringen Zuwachs an Fasern bedingen in den Hintersträngen die Neuriten der in den Hintersäulen gelegenen kleinen Strangzellen. Diese Fasern verlaufen in den ventralsten Teilen der Hinterstränge,

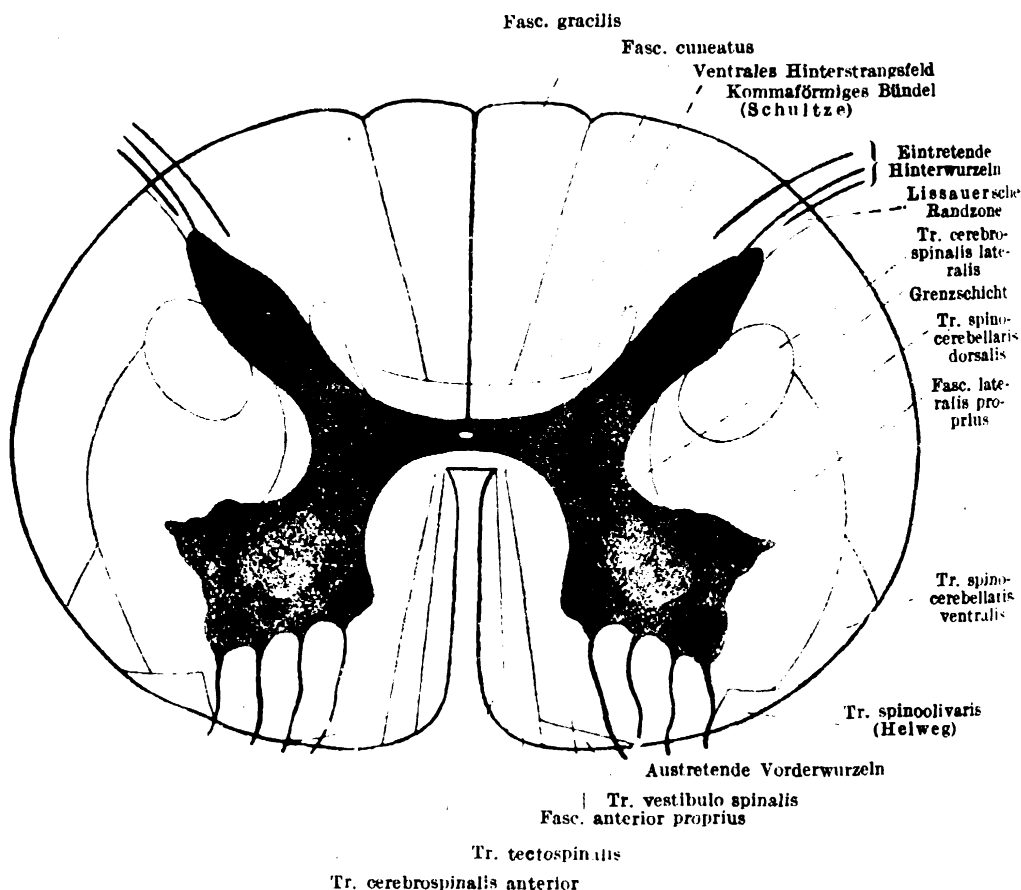


Fig. 330. Die Stränge der weißen Substanz des menschlichen Rückenmarks. (Halbschematisch.)

dem ventralen Hinterstrangsfeld (Fig. 330) und biegen nach kurzem Verlaufe in die graue Substanz ab (kurze Bahnen).

Im Seitenstrang können wir zunächst ein Randgebiet unterscheiden, das sich von der Eintrittsstelle der hinteren Wurzel bis zu den Vorderwurzelbündeln erstreckt und in einen dorsalen und einen ventralen Abschnitt zerfällt (Fig. 330). Der dorsale Teil der Randzone wird als Kleinhirnseitenstrangbahn, Tractus spinocerebellaris dorsalis bezeichnet. Er enthält sehr grobe Fasern, welche die Neuriten

der Clarkeschen Zellen darstellen und läßt sich zuerst im oberen Teil der Lendenanschwellung nachweisen. Im Dorsalmark wird der Strang nach und nach immer stärker, so daß sein Querschnitt im oberen Halsmark ungefähr 8% des Gesamtquerschnitts der weißen Substanz ausmacht. Seine Fasern enden im Kleinhirn. Der vordere, ventrale Teil der Randzone führt den Namen des Gowersschen Bündels oder Tractus spinocerebellaris ventralis. Er tritt als geschlossenes Bündel eigentlich erst im Halsmark auf und führt Fasern, die die Neuriten von Strangzellen des Hinterhorns darstellen; sie nehmen ebenfalls ihre Richtung in das Kleinhirn. An das Gowerssche Bündel schließt sich ventral, bis an die austretenden Vorderwurzeln reichend, die Helwegsche Dreikantenbahn oder der Tractus spinoolivaris (Bechterew) an. Seine Fasern entstammen der grauen Substanz des Rückenmarks und enden in den Oliven des Gehirns. Median von der Kleinhirnseitenstrangbahn wird fast der ganze Raum bis zur Hintersäule von der Pyramidenseitenstrangbahn. Tractus cerebrospinalis lateralis eingenommen. Sie enthält Fasern, die aus den Pyramiden des Gehirns ins Rückenmark herabsteigen und im obersten Teil des letzteren eine Kreuzung erfahren (Pyramidenkreuzung), so daß der rechte Teil in die linke Hälfte, der linke Teil in die rechte Hälfte eintritt (Taf. LXX, Fig. 326 D. p.). Die Pyramidenseitenstrangbahn nimmt von oben nach unten an Umfang immer mehr ab, da ihre Fasern allmählich in die graue Substanz abbiegen. Während sie in der Höhe der Halsanschwellung über 15% des Gesamtquerschnitts der weißen Substanz bildet, sinkt sie im Lendenmark unter 5%. Ihre Fasern finden ihr Ende in der Vordersäule derselben Seite und stellen die motorische Bahn II. Ordnung dar. Alles, was nun noch vom Seitenstrang übrig bleibt, wird als Seitenstrangsgrundbündel oder als Fasciculus lateralis proprius (Flechsigi) bezeichnet. Es erreicht im Halsmark die Rückenmarksperipherie nur im Gebiet der vorderen Wurzeln, dorsalwärts wird es von ihr durch den Tractus spinoolivaris, das Gowerssche Bündel und die Kleinhirnseitenstrangbahn getrennt. Es schiebt sich dorsalwärts über die Pyramidenseitenstrangbahn vor und drängt sie von der Hintersäule ab. So okkupiert es das größte Areal des Seitenstranges. Im Lendenmark tritt es, mit allmählicher Abnahme des Gowersschen Bündels und der Kleinhirnseitenstrangbahn in immer ausgedehnterer Weise an der lateralen Rückenmarksperipherie zutage. Die Fasern des Grundbündels stellen zum Teil die Neuriten von Strangzellen der Vorder- und Seitensäule (Taf. LXX, Fig. 326 S) dar, welche sich in auf- und absteigende Fasern teilen und nur einen kurzen Verlauf haben. Sie haben die Aufgabe, benachbarte Abschnitte des Rückenmarks miteinander zu verbinden. Außerdem aber enthält das Seitenstrangsgrundbündel

auch noch wichtige Bahnen, welche aus dem Gehirn ins Rückenmark heruntersteigen, so die Tractus rubrospinalis (Monakow), tectospinalis lateralis und vestibulospinalis lateralis und den ins Gehirn aufsteigenden Tractus spinothalamicus.

Im Vorderstrang können wir zunächst eine schmale Faserzone abgrenzen, welche der Fissura mediana anterior anliegt und als Pyramidenvorderstrangbahn, Tractus cerebrospinalis anterior bezeichnet wird (Fig. 330). Ihre Fasern entstammen, wie ihr Name sagt, der Pyramide des Gehirns und stellen denjenigen Teil derselben dar, der im obersten Abschnitt des Rückenmarks keiner Kreuzung unterliegt (Taf. LXX, Fig. 326). Die Pyramidenvorderstrangbahn zeigt ihre beste Entwicklung im Halsmark und verschwindet im oberen oder mittleren Teil des Dorsalmarkes. Die Fasern kreuzen sich in der vorderen Kommissur und enden in der Vordersäule der Gegenseite, indem ihre Endverzweigungen die dort gelegenen Nervenzellen umspinnen. Sie stellen die motorische Bahn II. Ordnung dar. Lateral schließt sich, als ebenfalls schmaler Streifen an, der Tractus tectospinalis anterior, dessen Fasern aus den Vierhügeln stammen. Nach vorn zu bilden die Fasern der aus dem Deitersschen Kern der Medulla oblongata stammenden Fasern des Tractus vestibulospinalis anterior einen schmalen peripheren Saum. Der ganze übrige Teil des Vorderstranges wird als Vorderstrangsgrundbündel, Fasciculus anterior proprius, zusammengefaßt. Er geht ohne scharfe Grenze in dem Gebiet der austretenden Vorderwurzeln in das Seitenstranggrundbündel über und enthält, wie dieses, Neuriten von Strangzellen, und zwar von Zellen der Vordersäule.

Aus dieser Beschreibung ergibt sich, daß wir in der weißen Substanz aufsteigende und absteigende Fasern unterscheiden können. So führt z. B. die Kleinhirnseitenstrangbahn aufsteigende Fasern. Die zugehörigen Zellen sind ja die Clarkeschen Zellen, die Fasern steigen durch das Rückenmark hinauf ins Kleinhirn. Die Pyramidenbahnen führen dagegen absteigende Fasern, die Zellen liegen im Großhirn, die Fasern steigen durch die Pyramiden herunter ins Rückenmark, in dessen grauer Substanz sie nach und nach ihr Ende erreichen. Diese beiden Beispiele führen uns gleichzeitig lange Bahnen vor. Es gibt aber auch kurze Bahnen in der weißen Substanz, d. h. Bahnen, bei denen Anfang und Ende im Rückenmark selbst liegt. Solche kurze Bahnen haben wir vor allem in den Grundbündeln; die zugehörigen Zellen sind die Strangzellen, ihre Fasern zerfallen, wie wir früher sahen, in auf- und absteigende Teile, die nach kürzerem oder längerem Verlaufe wieder in der grauen Substanz des Rückenmarks enden. Solche kurze Bahnen haben wir auch in dem ventralen Hinterstrangsfeld vor uns, während der übrige

Teil des Hinterstrangs zum größten Teil wieder lange Bahnen enthält, die erst in der Medulla oblongata enden.

Die Neuroglia des Rückenmarks.

In einer frühen Periode des Embryonallebens sind sämtliche, das Nervenrohr auskleidende Elemente gleichwertige Ektodermzellen. Bald jedoch beginnt die Differenzierung: die einen wandeln sich zu spezifischen Nervenzellen, die anderen zu Stützzellen um. Wir bezeichnen mit His erstere als Neuroblasten, letztere als Spongioblasten. Diese Spongioblasten zeigen zunächst ein sehr gleichartiges Aussehen. Es sind dies lange, spindelige Zellen, welche in einfacher Schicht das Lumen des Zentralkanals umsäumen. Peripher gehen sie in einen langen verzweigten, die weiße Substanz ihrer ganzen Dicke nach durchsetzenden Fortsatz über (Fig. 328). Die Zellen vermehren sich fortwährend und Hand in Hand mit dieser Vermehrung findet eine Wanderung statt, so daß ein Teil der Zellen sich vom Lumen allmählich zurückzieht. Wir haben dann eine Lage, den Zentralkanal umsäumender Zellen, Ependymzellen und außerdem überall in der grauen und weißen Substanz verästelte Zellen, die Astrozyten oder Spinnenzellen. Wir müssen nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse annehmen, daß sämtliche Elemente der Neuroglia von diesen Ependym- und Spinnenzellen abstammen, also ektodermalen Ursprunges sind.

Beide Kategorien, Ependym- und Spinnenzellen, entwickeln nun innerhalb ihres Zellkörpers Fasern, die Neurogliafasern, ganz in ähnlicher Weise, wie der Fibroblast kollagene Fasern bildet. Diese Neurogliafasern erlangen mit der Zeit eine gewisse Selbständigkeit, indem der Körper ihrer Ursprungszelle sich mehr oder weniger weit von der Faser zurückzieht. Weigert hat durch seine vortreffliche Färbungsmethode gezeigt, daß diese Neurogliafasern in bezug auf ihr färberisches Verhalten und aller Wahrscheinlichkeit nach auch in bezug auf ihre chemische Zusammensetzung von dem Protoplasma ihrer Ursprungszelle völlig verschieden sind, so daß wir mit einem gewissen Recht auch sagen können, die Neuroglia besteht im ausgebildeten Zustand aus Fasern und Zellen. Das gilt in gleicher Weise auch von dem Ependym. Weigert hat damit endgültig der Anschauung von Golgi und seinen Anhängern, daß nämlich die Gliafasern nichts als Zellausläufer seien, den Boden entzogen und der hier dargelegten, von Ranvier von jeher verfochtenen Lehre zum Siege verholfen.

Die Ependymzellen, die wir ja schon früher als Epithel des Zentralkanals kennen gelernt haben, erfahren mit der Zeit in ihrem peripheren, lang ausgezogenen Teil eine beträchtliche Reduktion.

Erläuterung zu Tafel LXXII.

Fig. 331 und 332. Zwei Neurogliazellen aus dem Rückenmark des Orang-Utans.

Ca. 750mal vergrößert.

Fig. 333 und 334. Neurogliazellen aus dem Rückenmark des Menschen.

Ca. 750mal vergrößert.

Fig. 335. Querschnitt durch das Halsmark des Affen. Man sieht das Epithel des Zentralkanals und erkennt die in das Septum posterius eindringenden geschlängelten Ependymfasern.

Ca. 400mal vergrößert.

Fig. 336. Längsschnitt durch die Peripherie des Orangrückenmarkes. Von links nach rechts erkennt man die hellblaue Pia mit einem starken Blutgefäß, dann folgt die aus dicht gedrängten Gliafasern bestehende Gliahülle, von der aus die Fasern in die gelb gefärbte weiße Substanz einstrahlen.

Ca. 400mal vergrößert.

Fig. 337. Fissura mediana posterior vom Orangrückenmark mit dem in ihr gelegenen (hellblauen) Fortsatz der Pia mater, rechts und links von ihm die Gliahülle mit ausstrahlenden Bündeln von Gliafasern.

Ca. 400mal vergrößert.

Fig. 338. Zwei motorische Wurzelzellen des Orangrückenmarkes mit umgebenden Gliafasern und -zellen.

Ca. 400mal vergrößert.

Während wir sie im embryonalen Mark bis zur Peripherie verfolgen konnten, verliert sich im erwachsenen Mark der periphere Fortsatz sehr bald. Nur an zwei Stellen kann man diese Ependymfasern in erheblichem Maße auch bei Erwachsenen noch nachweisen, nämlich in der vorderen und hinteren Kommissur. Sie entsprechen hier dem beim Embryo sich findenden vorderen und hinteren Ependymkeil, haben sich aber jetzt meist schon vom Zentralkanal selbst zurückgezogen und strahlen einerseits nach dem Boden der Fissura mediana anterior, andererseits ins Septum posterius aus (Taf. LXXII. Fig. 335).

Die Astrozyten oder, wie wir sie jetzt lieber nennen wollen, die Gliazellen des erwachsenen Markes sind sternförmige Zellen mit mehreren kurzen, spitz ausgezogenen Ausläufern. Sie sind außerordentlich häufig vielkernig und ihre Kerne zeichnen sich durch hochgradigen Polymorphismus aus (Aguerre). Man findet unter ihnen spindelige, dreieckige, birnförmige, lappige, sanduhrförmige Kerne; selbst Lochkerne sind durchaus kein seltenes Vorkommnis (Taf. LXXII, Fig. 331—334). Auch Mitochondrien in Form zahlreicher Körner sind in den letzten Jahren in den Neurogliazellen nachgewiesen worden (Collin, Nageotte).

Der Körper der Gliazelle wird von den Gliafasern durchsetzt. Die Fasern zeigen sehr verschiedene Dicke und Länge. Neben unmeßbar feinen Fasern finden sich auch recht grobe und dicke. Niemals zeigen die Fasern Varikositäten, und bleiben immer in der ganzen Länge ihres Verlaufes gleich dick. Die Fasern schließen sich gar nicht selten zu dünneren oder dickeren Bündeln zusammen; sie durchsetzen, wie gesagt, den Zellkörper der Gliazelle, dabei legen sich die Ausläufer der letzteren den Fasern eng an und bekleiden sie ein Stückchen weit (Taf. LXXII, Fig. 331 und 332).

Sehr schwer zu beantworten ist die Frage, ob zu jeder Gliafaser im ausgebildeten Zustand auch eine Gliazelle gehört. Jedenfalls kann man viele Fasern durch große Strecken des Präparats verfolgen, ohne daß sie mit einer Zelle irgendwie in Konnex treten.

Was nun die Topographie der Neuroglia im Rückenmark anbelangt, so kann man sagen, daß dessen sämtliche Teile Glia enthalten, doch nicht ganz gleichmäßig. Am dichtesten ist die Glia um den Zentralkanal herum angehäuft, als Substantia gelatinosa centralis (Taf. LXXII, Fig. 335). Ihre Masse ist am stärksten im oberen Halsmark entwickelt und nimmt von hier nach unten kontinuierlich ab, indem sie fortwährend Fasern in das Septum posterius hineinschickt, das ausschließlich aus Gliafasern besteht und vom Halsmark zum Sakralmark fortwährend an Dicke zunimmt. In auffallendem Gegensatz zu dem Reichtum der Sub-

stantia gelatinosa centralis an Gliafasern steht ihre Armut an Gliazellen (Krause und Aguerre).

Das Vorderhorn ist immer reicher an Gliafasern als das Hinterhorn. Jede Nervenzelle ist von einem mehr oder weniger dichten Korb von Gliafasern umgeben (Taf. LXXII, Fig. 338). Starke Faserbündel begleiten auch die austretenden Vorderwurzelbündel, weit stärker aber noch sind diejenigen Gliamassen, welche mit den Hinterwurzeln ins Rückenmark eindringen. Die Clarkesche Säule ist von einer dichten Gliahülle umgeben. Sehr arm an Glia ist die Substantia gelatinosa Rolandi.

Die weiße Substanz ist reich an Gliafasern. Fast jede Nervenfaser wird von ihnen umhüllt, doch kann von einer Isolation der Nervenfasern durch die umgebende Glia keine Rede sein. Die Fasern sind hier sehr lang und lassen sich auf weite Strecken verfolgen, wie sie in geschlängeltem Verlauf sich zwischen den Nervenfasern durchwinden. Äußerlich ist die weiße Substanz von einem Mantel von Glia umgeben, der in den verschiedenen Höhen des Rückenmarks verschieden dick ist; wir bezeichnen ihn als Gliahülle (Taf. LXXII, Fig. 336 und 337). Im allgemeinen kann man sagen, daß ihre Dicke im geraden Verhältnis zur Mächtigkeit der grauen Substanz steht, die geringste Dicke (2 μ) findet sich im Dorsalmark, die größte Dicke (18—20 μ) in der Hals- und Lendenanschwellung. Die Gliahülle dringt auch in die Fissura mediana anterior ein und kleidet sie beiderseits aus. Vom ganzen Umfang der Gliahülle strahlen Gliasepten in die weiße Substanz ein, sie geben wieder feinere Septen ab und lösen sich schließlich in solche auf (Taf. LXXII, Fig. 336).

Über die Rolle, die die Neuroglia spielt, gehen die Ansichten der einzelnen Forscher weit auseinander. Golgi schreibt ihr nutritive Funktion zu, die Gliazellen sollen einerseits mit den Gefäßen, andererseits mit den Dendriten der Nervenzellen in Verbindung treten und letzteren Ernährungsmaterial zuführen. Nach Ramón y Cajal ist die Neuroglia im wesentlichen Isolationsmaterial, nach Weigert Füllmaterial, sie füllt alle Räume aus, die die nervösen Bestandteile frei lassen. R. Krause sieht in der Neuroglia einen Ersatz für die dem Zentralnervensystem fehlenden Lymphgefäße. Das Maschenwerk der Neuroglia liefert Spalträume, in denen die Lymphe bequem zirkulieren kann. Nageotte und Collin endlich, die Entdecker der Mitochondrien in den Neurogliazellen, schreiben diesen Zellen eine sekretorische Funktion zu. Sie nehmen aus den Blutkapillaren Sekretionsmaterial auf, die Mitochondrien speichern dasselbe in sich auf, verarbeiten es und verwandeln sich in echte Sekretkörner, die in die von den Neurogliafasern durchsetzten Spalträume ausgestoßen werden.

B. Das Kleinhirn.

Jede Kleinhirnwindung läßt auf dem Querschnitt drei deutlich voneinander getrennte Schichten erkennen. Den Grundstock jeder Windung bildet eine aus markhaltigen Nervenfasern zusammengesetzte Leiste, die Markleiste. Auf sie folgt nach außen die Körnerschicht, Stratum granulosum, der weiterhin eine einfache Schicht großer Ganglienzellen aufliegt, die wir aus dem allgemeinen Teil unseres Buches schon kennen. Es sind dies die Purkinjeschen Zellen; die ganze Schicht wird als Stratum gangliosum bezeichnet. Ganz nach außen bildet dann das breite Stratum cinereum, die Molekularschicht, den Abschluß (Taf. LXXIII, Fig. 339).

Die Markleiste, Lamina medullaris, besteht aus markhaltigen Nervenfasern, die einmal als Neuriten von Zellen der Kleinhirnrinde entspringen und durch die Markleiste das Kleinhirn verlassen, andererseits aber aus Fasern, welche durch das Mark in die Kleinhirnrinde eintreten und dort an Rindenzellen endigen. Von den ersteren, den zentrifugalen Fasern, kommen hauptsächlich die Neuriten der Purkinjeschen Zellen in Betracht. Zentripetal leitend sind dagegen die später zu erwähnenden Moosfasern und die Kletterfasern.

Die Körnerschicht, Stratum granulosum, zeigt bei unseren gewöhnlichen Färbungsmethoden nur außerordentlich dicht gedrängt liegende Kerne. Spezifische Färbungsmethoden, wie die Golgimethode oder die Methylenblaufärbung, lassen erkennen, daß diese Kerne zum weitaus größten Teil kleinen Nervenzellen angehören, die wir als die kleinen Körnerzellen bezeichnen. Zwischen ihnen finden sich, jedoch viel spärlicher, größere Zellen, die großen Körnerzellen.

Die kleinen Körnerzellen (Taf. LXXIV, Fig. 340 und Fig. 341) sind exquisit kleine, multipolare Nervenzellen, annähernd einem Erythrozyten an Größe gleichkommend. Von dem kleinen Zellkörper entspringen 3—5 kurze, kräftige, meist leicht bogig gekrümmte Dendriten, welche nach kurzem Verlauf sich in mehrere kurze klauenartige Zweige spalten und mit ihnen den Körper einer zweiten Körnerzelle umklammern. Der vom Zellkörper entspringende Neurit ist dagegen sehr dünn, er durchsetzt senkrecht zur Oberfläche die Körnerschicht, das Stratum gangliosum, sowie einen Teil des Stratum cinereum und teilt sich innerhalb des letzteren T-förmig (Fig. 341). Beide Äste verlaufen dann in der Längsrichtung parallel zur Windungsoberfläche, so daß sie auf den gewöhnlich angelegten Querschnitten als feine Punkte erscheinen. Sie endigen frei innerhalb des Stratum cinereum.

Die großen Körnerzellen (Taf. LXXIV. Fig. 340) sind die klassischen Vertreter des II. Golgischen Zelltypus. Sie sind erheblich größer als die vorigen. Von einem verschieden gestalteten Zellkörper gehen zahlreiche, starke, vielfach sich verästelnde Dendriten aus, die sich teils im Stratum granulosum verzweigen, teils weit in das Stratum cinereum vordringen. Der Neurit wendet sich markwärts, gibt schon bald nach Abgang von der Zelle zahlreiche Zweige ab und splittert sich schließlich in ein dichtes Gewirr, von feinsten das Gebiet der Körnerschicht aber nicht überschreitenden Reiserchen auf.

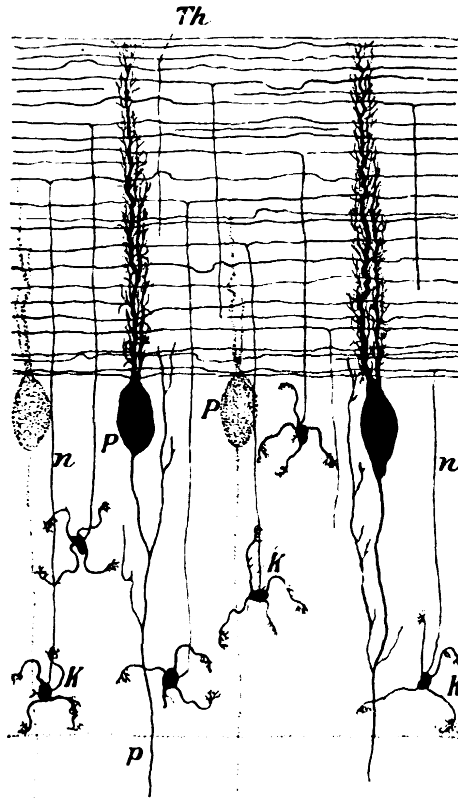


Fig. 341. Schematischer Längsschnitt durch eine Windung der Kleinhirnrinde. Nach v. Kölliker.

P = Purkinjesche Zellen; p = Neurit der Purkinjeschen Zelle; K = kleine Körnerzelle; N = Neurit einer Körnerzelle; Th = Teilungsstelle eines solchen Neuriten.

Außerdem wird die Körnerschicht von zahlreichen markhaltigen Fasern durchsetzt, die teils nach den äußeren Schichten streben, teils von dort herkommen und in die Markleiste eintreten.

Das Stratum gangliosum setzt sich aus den Purkinjeschen Zellen zusammen. Diese liegen in einfacher Schicht Zelle neben Zelle derart, daß die Basis der Zelle gegen die Körnerschicht, die Spitze gegen die Kleinhirnoberfläche sieht. Es sind dies meist birnförmige, große Zellkörper (ca. 70 μ Durchmesser) (Fig. 97. Taf. LXXIII, Fig. 339 und Taf. LXXIV, Fig. 340). Nach außen verjüngt sich der Zellkörper und geht in einen oder zwei mächtige Dendriten über, die sich bald außerordentlich reich und durch die ganze Dicke des Stratum cinereum verästeln, und zwar in einer Ebene, die quer zur Längsrichtung der Windung steht (Fig. 341). Auf Querschnitten erhält man so Bilder, welche einem reich verästelten Baum nicht unähnlich sehen (Fig. 97 und Taf. LXXIV, Fig. 340). Dieser Eindruck wird bei Golgipräparaten noch dadurch erhöht, daß die Dendriten mit zahllosen Rauhigkeiten, wie Zweige mit Reif, besetzt sind, welche jedoch höchstwahrscheinlich als Kunstprodukte zu deuten sind. Der Neurit

entspringt aus der Zellbasis, durchsetzt die Körnerschicht und wird zu einer in die Markleiste eintretenden markhaltigen Nervenfaser. Innerhalb der Körnerschicht gibt er zahlreiche Kollateralen ab, die teils in ihr enden, teils in das Stratum cinereum zurücksteigen. Hier bilden die schon markhaltigen Neuriten der Purkinjeschen Zellen einen dichten Plexus, in dessen Maschen die kleinen und großen Körnerzellen liegen.

Das Stratum cinereum, die Molekularschicht, enthält nur kleine Nervenzellen, von denen wir zwei Arten unterscheiden. Die einen finden sich hauptsächlich in den tieferen Schichten, dicht über dem Stratum gangliosum. Es sind das 10—20 μ große, multipolare Zellkörper, welche zahlreiche Dendriten hauptsächlich in die äußeren Schichten der Rinde schicken. Der anfangs feine, später erheblich dicker werdende Neurit läuft in der Querrichtung der Windungen, ungefähr parallel zur Windungsoberfläche dicht über den Körpern der Purkinjeschen Zellen und entsendet von Strecke zu Strecke einen Ast markwärts, welcher sich alsbald zu einem den Körper jener Zellen dicht umstrickenden Korb auflöst. Wegen dieses eigenartigen Verhaltens hat man diese Zellen auch als Korbzellen bezeichnet; ihr Nervenfortsatz verbindet also mehrere Purkinjesche Zellen miteinander (Taf. LXXIV, Fig. 340).

Die zweite Art von Zellen des Stratum cinereum bezeichnet man als kleine Rindenzellen. Sie finden sich in Form kleiner, mit zahlreichen feinen Dendriten versehener Zellen hauptsächlich in den äußeren Schichten. Über das Verhalten ihrer Neuriten ist nichts Sicheres bekannt (Taf. LXXIV, Fig. 340).

Die in das Stratum cinereum eintretenden zentripetalen Fasern sind die schon früher erwähnten Kletterfasern (Taf. LXXIV, Fig. 340). Sie führen ihren Namen, weil sie gleichsam an den Dendriten der Purkinjeschen Zellen emporklettern und an ihnen enden. Die von Ramón y Cajal als eine besondere Art zentripetaler Fasern beschriebenen Moosfasern enden bereits in der Körnerschicht mit moosartigen Endbüschelchen; sie finden sich aber in ihrer charakteristischen Form nur bei Embryonen und Neugeborenen und sollen nach Kölliker die Jugendformen der Kletterfasern darstellen.

Die Neuroglia ist in den Kleinhirnwindungen nicht allzu reichlich entwickelt. Neben den gewöhnlichen Astrozyten finden wir hier mit ihren Verästelungen gegen die Oberfläche gerichtete baumförmige Zellen, deren Körper an der Grenze der Körner und Molekularschicht liegt. Die Methode Weigerts überzeugt uns, daß die Gliafasern in der äußersten Schicht der Kleinhirnrinde kein dichteres und reichlicheres Geflecht bilden wie im Rückenmark und in der Großhirnrinde. Dagegen sieht man in der Molekularschicht radiäre

Fasern von der Oberfläche in die Tiefe strahlen. Überdies finden sich spärliche quer verlaufende Fasern, welche manchmal in der Gegend der Purkinjeschen Zellen etwas reichlichere Faseranhäufungen bilden. In der Körnerschicht kommen Gliazellen nur so spärlich vor, daß sie manchmal beinahe ganz zu fehlen scheinen, dagegen treten sie in der Marksubstanz in Form von Neurogliageflechten reichlich auf.

C. Die Großhirnrinde.

Wir wollen in den folgenden Zeilen nur das allgemeine Bauschema der Großhirnrinde erörtern, ohne uns auf eine Besprechung der Abweichungen einzulassen, welche sich in den verschiedenen Teilen des Großhirnes bemerkbar machen.

Die Großhirnrinde besteht aus grauer Substanz, in welcher wir von außen nach innen vier, ohne scharfe Abgrenzung ineinander übergehende Schichten unterscheiden: 1. Die Molekularschicht, 2. die Schicht der kleinen Pyramidenzellen, 3. die Schicht der großen Pyramidenzellen und 4. die Schicht der polymorphen Nervenzellen (Taf. LXXV, Fig. 342).

1. Die Molekularschicht, das Stratum zonale von Kölliker, ist eine zellarme, aber an Nervenfasern reiche Schicht. Von letzteren finden sich hier: zuerst markhaltige Fasern, parallel zur Windungsoberfläche verlaufend, die später noch zu besprechenden sog. Tangentialfasern; ferner verbreiten sich hier vor allem sowohl die Dendriten als auch die Neuriten der tieferen Zellschichten. Da diese Fasern auf senkrecht zur Windungsrichtung geführten Schnitten vielfach quer getroffen werden, so zeigt auf solchen Schnitten die Molekularschicht ein feinkörniges Aussehen.

Von zelligen Elementen finden sich in der Molekularschicht die sog. Ramón y Cajalschen Zellen (Taf. LXXVI, Fig. 343). Es sind das entweder spindelige, dreieckige oder sternförmige Zellkörper. Ihre Fortsätze lassen eine Unterscheidung in Dendriten und Neurit nicht erkennen, sondern verhalten sich sämtlich gleich. Die Fortsätze laufen ungefähr parallel zur Windungsoberfläche, verästeln sich reichlich und schicken dabei feine Reiserchen unter rechtem Winkel zur Oberfläche der Windung. Bei Tieren sind diese Zellen reichlich vorhanden. Ob die von Retzius beim menschlichen Embryo nachgewiesenen Elemente ihnen gleichwertig sind und ob sie überhaupt echte nervöse Elemente darstellen oder nicht vielmehr zur Neuroglia gehören, ist mit Sicherheit noch nicht erwiesen.

2. Die Schicht der kleinen Pyramidenzellen enthält relativ kleine, pyramidenförmige Nervenzellen. Sie sind an ihrer gegen das Mark gerichteten Basis bis zu 20 μ breit, nach der Windungsoberfläche verschmälert sich der Zellkörper allmählich und erreicht

eine Länge bis zu 30 μ. Die Pyramidenspitze entwickelt sich zum Hauptdendriten, welcher senkrecht gegen die Windungsoberfläche verlaufend, einen großen Teil der Molekularschicht durchsetzt und in deren äußeren Partien in viele frei endigende Äste zerfällt. Vom Zellkörper, vor allem von der Basis, zweigen sich, ebenso wie vom Hauptdendriten, zahlreiche quere und schräge Nebendendriten ab. Der Neurit entspringt meist aus der Mitte der Zellbasis und verläuft zunächst gerade in der Fortsetzung der Zellenachse, um dann in mehr oder weniger scharfem Bogen in die Marksubstanz einzutreten. Auf diesem Wege gibt er zahlreiche Kollateralen im rechten Winkel ab, die parallel zur Windungsoberfläche verlaufen (Taf. LXXV, Fig. 342 und Taf. LXXVI, Fig. 343).

3. Die Schicht der großen Pyramidenzellen folgt nach innen auf die vorige, und enthält Zellen, welche größer sind, als diejenigen der zuletzt beschriebenen Schicht. Es finden sich darunter sog. Riesenpyramiden, die eine Länge von 80 μ und eine größte Breite von 50 μ erreichen; in bezug auf ihre Dendriten und ihre Neuriten zeigen die Zellen jedoch genau dasselbe Verhalten wie die kleinen Pyramidenzellen (Fig. 102, Taf. LXXV, Fig. 342 u. Taf. LXXVI, Fig. 343).

4. Die Schicht der polymorphen Nervenzellen. Wenn auch in dieser Schicht noch zahlreiche typische Pyramidenzellen zu finden sind, so zeigt die Mehrzahl der Zellen von dieser Form doch große Abweichungen. Der Zellkörper wird meist spindelig oder kurz dreieckig, die Dendriten zeigen keine so typische Verästelungsweise, sondern strahlen mehr nach allen Seiten aus. Der Neurit tritt ebenfalls in die Marksubstanz ein (Taf. LXXV, Fig. 342 und Taf. LXXVI, Fig. 343).

Neben diesen für die einzelnen Schichten charakteristischen Zellen, die man auch als Zellen vom I. Golgischen Typus oder vom Deitersschen Typus bezeichnet, finden sich überall zerstreut in der Rinde, vor allem aber in der Schicht der polymorphen Zellen, Elemente vom II. Golgischen Typus, d. h. Zellen, deren Neurit schon in geringer Entfernung von der Zelle sich in zahlreiche Ästchen aufsplittert, somit das Rindengebiet nicht verläßt. Hier muß auch noch besonderer, von Golgi und Martinotti aufgefundener und nach letzterem benannter Zellen gedacht werden, welche von rundlicher oder spindeliger Form sind, zahlreiche stärkere Dendriten abgeben und ihren Neuriten in die Molekularschicht schicken. Auf dem Wege dahin gibt er außerordentlich zahlreiche Kollateralen ab, so daß die Zellen ebenfalls zum II. Golgischen Typus gezählt werden müssen (Taf. LXXVI, Fig. 343).

Die markhaltigen Nervenfasern bilden innerhalb der grauen Hirnrinde ein äußerst dichtes Geflecht. Sie strahlen in dichten radiären

Bündeln, besonders auf der Höhe der Windungen, aus der Marksubstanz in die Rinde ein und werden Markstränge oder Radiärbündel genannt. Die Bündel setzen sich aus zentrifugalen, d. h. von den Rindenzellen als Neuriten entspringenden und aus zentripetalen, in die Hirnrinde eintretenden Fasern zusammen. Sie treten durch die polymorphe Schicht durch und verlieren sich in der Schicht der großen oder kleinen Pyramiden immer mehr und mehr. Die schon früher erwähnten Tangentialfasern kann man in oberflächliche und tiefe einteilen, denen allen der zur Windungsoberfläche parallele Verlauf gemeinsam ist. Die äußersten finden sich in der Molekularschicht, die mittleren in der Schicht der kleinen Pyramiden. Sie bilden ebenso, wie das sog. superradiäre Flechtwerk (Streifen von Bechterew und Käs) zentripetale Bahnen, Fasern, die aus der Marksubstanz in die Hirnrinde eindringen und sich hier verästeln. Die tiefer gelegenen Faserzüge kreuzen sich mit den Marksträngen und werden als interradiäre Bündel bezeichnet. Ein Teil dieser Fasern verläuft in der Schicht der großen Pyramidenzellen in Form eines Markstreifens, den man als den Gennarischen oder Baillargerschen Streifen bezeichnet. Diese interradiären Bündel setzen sich aus den von den Neuriten der Pyramidenzellen abgegebenen Kollateralen zusammen.

Die Neuroglia besteht in der Hirnrinde zunächst der Oberfläche und in der Molekularschicht aus zahlreichen schief tangential verlaufenden Fasern, die nach außen sich zu einer Rindenschicht verdichten. Je tiefer wir in die Hirnrinde vordringen, um so spärlicher werden die Fasern. Sehr reich an Fasern ist dagegen wieder die Markschicht, in der die Neurogliafasern die markhaltigen Nervenfasern mit dichten Netzen umspinnen. Die Golgische Silberimprägnation zeigt an der Hirnoberfläche Gliazellen von baumförmiger Gestalt (Taf. LXXVI, Fig. 343).

Die Hüllen des Zentralnervensystems.

Rückenmark und Gehirn werden gemeinsam von drei bindegewebigen Hüllen umgeben, zu äußerst liegt die Dura mater, dann folgt die Arachnoidea und am weitesten nach innen liegt die Pia mater.

An der Dura mater können wir zwei durch lockeres Bindegewebe miteinander verbundene Blätter unterscheiden. Die beiden Blätter bestehen aus vielfach durchflochtenen Bindegewebsbündeln, zwischen denen sich zahlreiche feine elastische Fasern finden. Das äußere Blatt bildet das Periost des Wirbelkanals bzw. der Schädelhöhle. Sowohl nach außen, als auch nach innen ist die Dura von einer einfachen Schicht epithelartig aneinander gelagerter Zellen be-

kleidet. Der durch lockeres fettreiches Bindegewebe ausgefüllte Raum zwischen den beiden Durablättern enthält ein System von feinen, mit Lymphe erfüllten Spalträumen, die man in ihrer Gesamtheit als epiduralen Lymphraum bezeichnet.

Die Dura ist in ihrer periostalen Schicht relativ reich an Blutgefäßen, das innere Blatt dagegen ist nur gering vaskularisiert. An Nerven ist sie und besonders die Dura mater cerebralis sehr reich. Diese enden teils an den Gefäßen, teils in der Substanz der Dura selbst und sollen nach Acquisto und Pusateri in feine Endknöpfchen auslaufen, die zwischen den die Innenfläche der Dura deckenden Epithelzellen liegen.

Die Arachnoidea ist bedeutend dünner als die Dura mater und besteht aus netzförmig verflochtenen Bindegewebsbündeln, welche mit einer einfachen Schicht epithelartig angeordneter Zellen überzogen sind. Zwischen den Bindegewebsbündeln liegen Netze feiner elastischer Fasern. Von der Dura mater ist die Arachnoidea durch den Subduralraum, von der Pia mater durch den Subarachnoidealraum getrennt. Diese beiden Spalträume stehen unter sich und mit dem Epiduralraum in vielfacher, offener Verbindung und sind, wie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, allseitig von jenen epithelartigen Zellen ausgekleidet. Sie werden von zahlreichen feinen Bindegewebsbälkchen und -septen durchquert, welche Dura, Arachnoidea und Pia miteinander verbinden. Die Arachnoidea besitzt weder eigene Gefäße noch Nerven.

An bestimmten Stellen, z. B. zu beiden Seiten des Sinus sagittalis superior sitzen der Außenfläche der Arachnoidea oft zottenförmige, gefäßlose Auswüchse auf, die aus netzförmig verbundenen Bindegewebsbalken bestehen. Sie stülpen die an diesen Stellen stark verdünnte Dura in das Sinusinnere vor und werden als Granulationes arachnoideales oder Pacchionische Granulationen bezeichnet.

Die Pia mater, die innerste der drei Hirnhäute, ist eine sehr feine Bindegewebsmembran; sie liegt der Oberfläche des Rückenmarkes bzw. des Gehirns innig an und kleidet sämtliche Vertiefungen derselben aus, so z. B. auch die Fissura mediana anterior des Rückenmarks.

Wir können an der Pia mater des Rückenmarks eine äußere und eine innere Lage unterscheiden. Die äußere Lage besteht vorwiegend aus längsverlaufenden Bindegewebsbündeln und ist mit der Arachnoidea durch zahllose Bindegewebsbälkchen und -septen verbunden. Die innere Lage (Intima pia von Key und Retzius) ist von der vorigen durch einen kapillären Spalt getrennt, besteht aus einer zarten Lage ringförmig um das Rückenmark angeordneter Bindegewebsbündel und ist von einer Schicht epithelartiger, platter Zellen bekleidet.

Die Pia mater enthält sehr zahlreiche Gefäße teils eigene, so vor allem in den Plexus chorioidei, teils solche, welche für die Substanz

von Gehirn und Rückenmark bestimmt sind. In der Pia mater des Rückenmarks verlaufen die Gefäße zwischen den beiden Piablättern. Die aus der Pia ins Gehirn und Rückenmark eintretenden Gefäße sind ein Stück weit von dem Bindegewebe der Intima pia scheidenartig umhüllt. Da diese Scheiden bei ihrem Ursprung aus der Pia trichterartige Erweiterungen zeigen, bezeichnet man sie als Pialtrichter.

Die Nerven der Pia mater sind zahlreich und teils markhaltig, sensibel, teils marklos, sympathisch. Die letzteren sind für die Gefäße bestimmt und enden an ihnen. Ob diese sympathischen Fasern auch mit den Gefäßen ins Gehirn oder Rückenmark eindringen, ist bis heute noch nicht mit Sicherheit entschieden, doch sprechen die physiologischen Erfahrungen der neuesten Zeit (Hürthle, Weber) unzweifelhaft dafür, daß auch die innerhalb von Hirn und Rückenmark verlaufenden Gefäße unter der Herrschaft erweiternder und verengernder Nerven stehen.

Die Telae chorioideae und Plexus chorioidei (Taf. LXXVII, Fig. 344) bestehen aus Pia mater und Hirnwand. Letztere ist an diesen Stellen zu einer einfachen Lage kubischen Epithels verdünnt (Lamina epithelialis chorioidea). Im Embryonalleben tragen die Zellen einen Flimmerbesatz, beim Erwachsenen zeigen sie einen Bau, der auf sekretorische Funktionen schließen läßt und sind nach Kalwaryjski auf ihrer freien Oberfläche, ähnlich wie die Zellen der Tubuli contorti der Niere mit einem Bürstenbesatz versehen. Man hat in ihrem Körper Lipoide, Glykogen und zuweilen auch Pigmentkörnchen gefunden. In den letzten Jahren sind in diesen Epithelzellen auch Mitochondrien nachgewiesen worden und man schreibt ihnen deshalb die Absonderung des Liquor cerebrospinalis zu (Pelizzi, Galeotti, Studnička, Petit und Girard, Schläpfer). Dafür spricht auch ihre enge Beziehung zu den Blutgefäßen, von denen sie nur durch eine ganz dünne Bindegewebslage getrennt werden. Die Pia mater enthält in den Plexus sehr zahlreiche Gefäße. Die Nervenfasern bilden im Plexus chorioideus gröbere und feinere Geflechte, die zum Teil für die Blutgefäße bestimmt sind, zum Teil aber feinere Fädchen abgeben, welche an der Oberfläche der Epithelzellen endigen (Hworostuchin).

Die Blutgefäße des Zentralnervensystems.

Über die Blutgefäße des Rückenmarks besitzen wir sehr eingehende Untersuchungen von H. Kadyi, denen wir folgendes entnehmen können (Taf. LXXVIII—LXXXI).

Die Arterienstämmchen gelangen als Aa. radicales anteriores und posteriores längs der Nervenwurzeln zur Pia mater und lösen

sich in ihr in ein dichtes arterielles Netz auf. Im letzteren sind drei primäre als direkte Fortsetzung der Aa. radicales auftretende und sechs sekundäre längsverlaufende Anastomosenketten, Tractus arteriosi spinales (Taf. LXXVIII, Fig. 345) differenziert. Von dem vorderen unpaaren Tractus arteriosus anterior medullae spinalis, der am stärksten entwickelt ist und als Fortsetzung der A. spinalis anterior erscheint, entspringt nun eine Reihe von ca. 200 Arterienästchen, welche, umschlossen vom vorderen Pialfortsatz, in die Tiefe der Fissura mediana anterior eindringen, in ihr nach rechts und links abbiegen und als Aa. centrales in den medialen Abschnitt der grauen Vordersäule gelangen. Sie versorgen den größten Teil der Vordersäule und auch noch die Cervix und einen Teil des Caput columnae posterioris. Außerdem dringen von allen übrigen Teilen des arteriellen Netzes der Pia mater allenthalben zahlreiche kleinere und kleinste Arterienzweige in die weiße Substanz des Rückenmarkes ein (periphere Arterien). Ihre Verzweigungen reichen hie und da bis in die graue Substanz, wie auch umgekehrt manche Zweige der Zentralarterien aus der grauen Substanz in die weiße heraustreten. Alle erwähnten, in das Rückenmark eindringenden Arterien zerfallen schließlich in Kapillarmaschen, die sich wesentlich in der Längsrichtung des Markes entwickeln und in der weißen Substanz weniger dicht sind, als in der grauen, und hier wieder innerhalb der Zellsäulen die reichste Entfaltung aufweisen (Taf. LXXIX, Fig. 346). Die Arterien des Rückenmarkes sind Endarterien im Sinne Cohnheims, d. h. sie gehen innerhalb der Rückenmarksubstanz keinerlei Anastomosen ein, im Gegensatze zu den Arterienverzweigungen der Pia mater, welche, wie gesagt, ein dichtes Netz bilden, ohne sich jedoch in der Pia selbst in Kapillaren aufzulösen.

Der Verlauf der Venen entspricht im Rückenmark nicht dem der Arterien. Die Zentralvenen sind schwächer entwickelt als die Zentralarterien und hängen durch verschieden stark entwickelte Anastomosen mit den peripheren Venen zusammen, die an der hinteren Oberfläche des Rückenmarks viel stärkere Netze bilden als vorne. Aus den Venennetzen der Pia mater fließt das Blut durch vordere und hintere Wurzelvenen ab.

Im Großhirn und Kleinhirn treffen wir im allgemeinen dort zahlreichere und dichtere Kapillarmaschen an, wo sich größere Anhäufungen von Nervenzellen (graue Substanz) vorfinden. Es zerfallen demnach die Arterien in der Rinde in ein sehr engmaschiges Kapillarnetz, welches beim Übergang in die Marksubstanz minder dicht wird und in der Richtung des Verlaufes der Nervenfasern gewöhnlich langgestreckt ist (Taf. LXXXII, Fig. 349 u. 350).

Geschlossene Lymphgefäße fehlen dem Zentralnervensystem vollkommen. Die in es eindringenden Blutgefäße sind jedoch von

kapillären Räumen umscheidet, welche man als perivaskuläre Lymphräume ansehen kann. Sie öffnen sich in den Subarachnoideal- und den Subduralraum, die andererseits wieder mit den Lymphgefäßen der Nasenschleimhaut und den Lymphbahnen der peripheren Nerven in offener Verbindung stehen. Auch mit dem Ventrikelsystem des Gehirns und dem Zentralkanal des Rückenmarkes steht der Subarachnoidealraum durch die Aperturae mediales und laterales ventriculi quarti in offener Verbindung.

2. Das periphere Nervensystem.

Das periphere Nervensystem setzt sich aus den peripheren Ganglien und den peripheren Nerven zusammen. Die peripheren Ganglien sind mehr oder weniger scharf durch bindegewebige Umhüllungen von ihrer Umgebung abgegrenzte, kleinere oder größere Haufen von Nervenzellen, welche zu einer frühen Zeit des Embryonallebens aus dem Zentralorgan ausgewandert sind. Wir unterscheiden

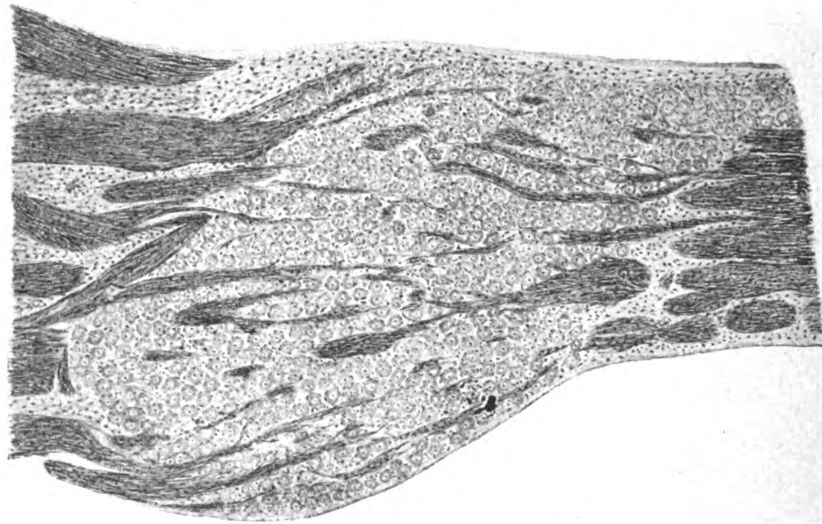


Fig. 351. Spinalganglion der Katze.
Ca. 25mal vergrößert.

sie je nach der Eigenart ihrer Zellen in Zereprospinalganglien und sympathische Ganglien. Zu den ersteren gehören sämtliche Spinalganglien und von den Kopfganglien das Ganglion semilunare n. trigemini, Ganglion geniculi n. facialis, Ganglion vestibulare und Ganglion spirale n. acustici, Ganglion superius und Ganglion petrosum n. glosso-pharyngei, Ganglion jugulare und Ganglion nodosum n. vagi. Zu den sympathischen zählen die Ganglien der Partes pelvina, abdominalis, thoracalis und cervicalis des N. sympathicus und das Ganglion ciliare, Ganglion sphenopalatinum, Ganglion submaxillare und Ganglion oticum.

Die peripheren Nerven bestehen teils aus motorischen Fasern, d. h. mit Markscheide und Schwannscher Scheide umkleideten Neuriten von motorischen Zellen des Rückenmarkes oder Gehirns, teils aus sensiblen Fasern. Letztere sind die peripheren, ebenfalls mit Markscheide und Schwannscher Scheide umgebenen Ausläufer von Zellen der vorhergenannten Zerebrospinalganglien, sie sind gleichwertig den Dendriten und leiten wie diese zentripetal. Außer motorischen und sensiblen Fasern enthalten dann fast alle peripheren Nerven noch marklose, sympathische Fasern. In den Plexus, welche das sympathische Nervensystem bildet, im Grenzstrang des N. sympathicus und in den von den sympathischen Ganglien ausstrahlenden Nerven finden sich fast ausschließlich solche marklose Fasern.

Wir wollen nun zunächst die peripheren Ganglien und nachher die peripheren Nerven in bezug auf ihren Bau etwas näher ins Auge fassen.

Die peripheren Ganglien.

a) Die Zerebrospinalganglien.

Im folgenden wollen wir uns mit dem feineren Bau eines Spinalganglions, als dem Typus eines Zerebrospinalganglions beschäftigen.

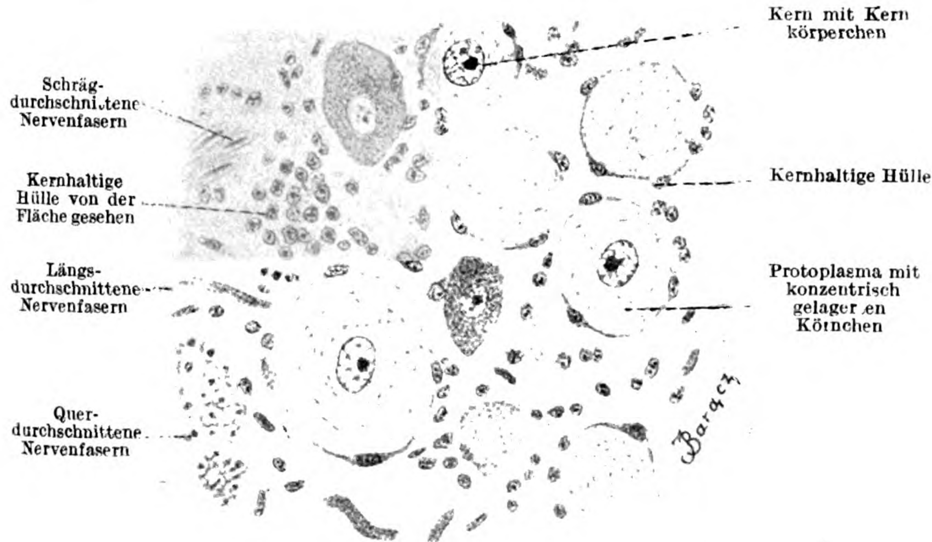


Fig. 353. Aus einem Querschnitte durch ein Spinalganglion des Kaninchens. Ca. 400mal vergrößert.

Jedes Zerebrospinalganglion ist umhüllt von einer mehr oder weniger dicken Kapsel aus fibrillärem Bindegewebe, welche sich kontinuierlich auf die ein- und austretenden Nerven fortsetzt. Letztere zerfallen

innerhalb des Ganglions in zahlreiche Bündel und umfassen mit ihnen größere Gruppen, Haufen oder Nester von Nervenzellen (Taf. LXXXIII, Fig. 352).

Jede Nervenzelle der peripheren Ganglien zeichnet sich vor den Nervenzellen des Zentralorgans dadurch aus, daß sie von einer bindegewebigen Kapsel umgeben ist (Fig. 353). Diese zeigt zwischen feinen Bindegewebsfibrillen zahlreiche Bindegewebszellen. Auf der Innenfläche der Kapsel ordnen sich diese Zellen in einer Schicht dicht nebeneinander an, so daß die Kapsel nach innen durch eine Art Epithel abgeschlossen ist. Außerdem finden sich zwischen der Innenfläche der Kapsel und der Oberfläche der Nervenzelle noch besondere kleinere und größere, oft sternförmige Zellen in sehr variabler Zahl, die von Ramón y Cajal als Satellitenkörperchen, von Lenhossék als Mantelzellen oder Amphizyten bezeichnet werden (Fig. 354 Az). Sie haben mit dem Bindegewebe nichts zu tun, sind vielmehr dem letzteren Autor zufolge zentralen Ursprungs und den Schwannschen Zellen der peripheren Nerven gleichwertig. Sie finden sich nicht überall vor, wohl aber sehr reichlich in den Spinalganglien des Menschen. Hier liegen sie um den Nervenzellkörper in einfacher Schicht und buchten dessen Protoplasma buckelartig ein.

Die Nervenzellen der Zerebrospinalganglien gehören verschiedenen Typen an. Am häufigsten finden sie sich in Form von mittelgroßen oder großen, kugeligen oder birnförmigen Zellkörpern. Sie sind, wie wir im allgemeinen Teil auseinandergesetzt haben, unipolar. Der dicke Fortsatz entwickelt sich ziemlich unvermittelt aus dem „Polfeld" der Zelle und zieht sich nun innerhalb des Kapselraumes in zahlreichen Windungen um den Zellkörper herum (Fig. 354 a). Die Schlingen können sich zu einem Konvolut, einem Glomerulus, zusammenschließen, welcher sich in eine Grube des Zellkörpers einlagert (Fig. 354 b). Sie können sich auch zum Teil erst extrakapsulär entwickeln. Nachdem der Fortsatz die Kapsel durchbrochen, umgibt er sich mit einer Markscheide und teilt sich in größerer oder geringerer Entfernung vom Zellkörper T-förmig (Taf. LXXXIII, Fig. 352 und Fig. 354c). Das eine Teilstück dringt als Hinterwurzelfaser in das Rückenmark, das andere Teilstück stellt die sensible periphere Nervenfaser dar.

Außer diesen Zellen, die sich durch die starken intra- oder auch extrakapsulären Windungen ihres Fortsatzes, die sog. Glomerulusbildung, auszeichnen, kommen dann, vor allem in den peripheren, sensiblen Kopfganglien, noch Zellen vor, bei denen diese Glomerulusbildung fehlt und der Fortsatz in direktem geraden Verlauf die Kapsel durchbohrt (Fig. 354 c).

Schon seit langer Zeit ist es bekannt, daß sich unter den Zellen der Zerebrospinalganglien stets Elemente finden, die außer dem

einen allbekannten Fortsatz noch andersartige Ausläufer des Zellkörpers zeigen, so daß sie somit nicht mehr unipolare, sondern multipolare Zellen darstellen. In neuester Zeit sind diese Zellen von Dogiel, Ramón y Cajal u. a. eingehend studiert worden und es hat sich gezeigt, daß solche multipolare Zellen sich in den verschiedensten Formen finden. Die Fortsätze können als dünne Stielchen zu einem oder zu mehreren vom Zellkörper oder auch von dem Nervenfortsatz entspringen und entweder innerhalb der Kapsel selbst dem Zellkörper dicht angelagert enden oder die Kapsel durchbrechen und an einer beliebigen Stelle innerhalb des Ganglions enden (Fig. 354 d u. e). Das Ende dieser Ausläufer zeichnet sich immer durch eine mehr

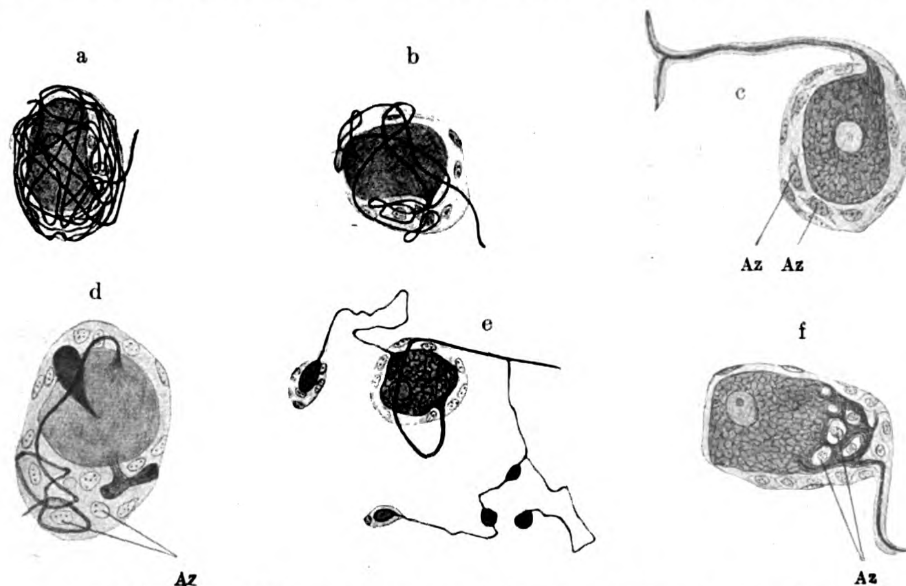


Fig. 354. Verschiedene Formen von Zellen der Zerebrospinalganglien. Nach Ramón y Cajal.

oder weniger starke kolbige Verdickung aus, die, wenn außerhalb der Kapsel gelegen, sich wieder mit einer besonderen kleinen Kapsel umgibt (Fig. 354 e). Die Fortsätze können aber auch dicker werden, zahlreicher auftreten, innerhalb der Kapsel vielfach miteinander anastomosieren und ein dichtes Netzwerk bilden. Besonders bei älteren Menschen und bei Pferd und Hund sind, zuerst von Daae, später von Ramón y Cajal, Levi u. a. sog. gefensterte Zellen beschrieben worden (Fig. 354 f). Hier erscheint der Zellkörper an einer Stelle in ein weiteres oder engeres Netzwerk aufgelöst, in dessen Maschenräumen Amphizyten liegen. Die Maschen bestehen aus Nervenzellprotoplasma mit eingelagerten Neurofibrillen und aus dem Maschenwerk entwickelt sich der Nervenfortsatz.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, daß sämtliche innerhalb des Zerebrospinalganglions bisher beschriebenen Fasern Ausläufer seiner

Zellen sind. Es kommen jedoch auch Fasern zur Beobachtung, welche von außen her in das Ganglion eindringen und an seinen Zellen enden, somit afferente Fasern darstellen. Sie sind zuerst von Ehrlich beim Frosch beschrieben und später von Dogiel und Retzius eingehend untersucht worden. Diese Fasern dringen durch die Kapsel und bilden um den Zellkörper herum ein sehr dichtes feinfädiges Geflecht. Verfolgt man die Faser peripher, so erkennt man, daß es sich immer um marklose Fasern handelt; wir haben es demnach hier wahrscheinlich mit sympathischen Elementen zu tun, welche durch den Ramus communicans zum Spinalganglion gelangen. Nach Ramón y Cajals Untersuchungen treten solche sympathische Fasern aber keineswegs an sämtliche Zellen der Zerebrospinalganglien heran.

Wie wir im allgemeinen Teil auseinandergesetzt, entwickeln sich die unipolaren Zellen der Zerebrospinalganglien aus bipolaren Zellen; sie sind sämtlich in ihrer Jugend bipolar. An manchen Stellen erhält sich nun diese Bipolarität dauernd. So finden wir die Ganglien des Akustikus ausschließlich aus bipolaren Zellen zusammengesetzt und die Ganglia jugulare und nodosum des Vagus enthalten nach den neuesten Untersuchungen sowohl typische bipolare Formen, als auch Übergänge zur unipolaren Form.

b) Die sympathischen Ganglien.

Die sympathischen Ganglien besitzen gleich den Zerebrospinalganglien eine bindegewebige Hülle und die in ihnen enthaltenen Nervenzellen werden von Bindegewebskapseln umgeben, doch scheinen ihnen die früher beschriebenen Amphizyten gänzlich zu fehlen.

Die Nervenzellen, welche die sympathischen Ganglienzellen zusammensetzen, sind überwiegend mittelgroße oder kleine multipolare Zellen (13—40 μ Durchmesser) (Taf. LXXXIV, Fig. 355). Ihr Neurit verläßt das Ganglion und gelangt als sympathische Nervenfaser an seinen Bestimmungsort. Er kann sich aber auch unter Umständen mit einer Markscheide umgeben. Die Neuriten enden an den glatten Muskeln der verschiedensten Organe, wie Verdauungsorgane, Atmungsorgane, Zirkulationsorgane, Haut, Auge usf., außerdem treten sie in die verschiedensten Drüsen ein und beeinflussen deren Sekretion in hochgradiger Weise. In bezug auf das Verhalten der Neuriten kann man auch an den sympathischen Zellen nach Dogiel motorische und sensible Zellen unterscheiden. Die Dendriten der sympathischen Zellen enden entweder in demselben Ganglion und bilden in ihm ein dichtes Netz oder sie verlassen als dünne marklose Fasern das Ganglion, um in einem anderen zu enden (Dogiel).

Die in die sympathischen Ganglien eintretenden Nervenfasern sind teils zerebralen oder spinalen Ursprungs, teils stammen sie aus

anderen sympathischen Ganglien. Sie enden teils frei zwischen den Nervenzellen, teils in Endkörben, welche sich dicht um die Körper der Nervenzellen legen. Es können die sympathischen Zellen daher nicht nur von Zellen ihrer eigenen Art, sondern auch von solchen des Zentralnervensystems beeinflußt werden. So kann z. B. eine Vorderwurzelzelle des oberen Halsmarkes durch einen Ramus communicans einen Neuriten in das Ganglion cervicale superius senden. Hier umgreift sein Endkorb eine sympathische Zelle, deren Neurit sich dann im Plexus pharyngeus zu einer glatten Muskelzelle der Speiseröhre wendet.

Unipolare Zellen finden sich in den sympathischen Ganglien des Menschen weniger häufig, dagegen bilden sie einen charakteristischen Bestandteil der sympathischen Ganglien bei Amphibien. Hier geht der Nervenfortsatz in geradem Verlauf von der Zelle aus. Um ihn herum windet sich in Spiraltouren die Spiralfaser. Sie stellt eine afferente Faser dar und umgibt die Zelle mit einem Endkorb. Beale und Arnold sahen auch diese Faser als von der Zelle ausgehend an und beschrieben die letztere deshalb als einen eigenartigen Typus von bipolaren Zellen.

Im Zusammenhange mit den sympathischen Ganglien müssen die Paraganglien besprochen werden.

Diese Organe haben ihren Ursprung in der embryonalen Anlage der sympathischen Ganglien, die sich in zwei Richtungen differenzieren kann, indem sie einerseits die Nervenzellen der sympathischen Ganglien, andererseits die spezifischen Drüsenzellen der Paraganglien aus sich hervorgehen läßt. Letztere zeichnen sich dadurch aus, daß sie durch Behandlung mit Chromsalzen in elektiver Weise eine gelbbraune Färbung annehmen. In der ganzen Reihe der zahlreichen Paraganglien ist die Marksubstanz der Nebenniere der Wirbeltiere, die, wie gegenwärtig fast allgemein anerkannt wird, der Sympathikusanlage entstammt, das größte Paraganglion; darauf folgen: Glomus caroticum, Glomus coccygeum, das den Jacobsonschen Nerv umgebende tympanale Paraganglion und das an der Bifurkationsstelle der Aorta abdominalis liegende abdominale Paraganglion von Zuckerkandl.

Die peripheren Nerven.

Die peripheren Nerven setzen sich aus den peripheren Nervenfasern zusammen, die, wie wir im allgemeinen Teil gesehen, entweder aus Achsenzylinder und Schwannscher Scheide oder aus Achsenzylinder, Markscheide und Schwannscher Scheide bestehen. Die sympathischen Nerven sind vorwiegend aus marklosen Nervenfasern, die zerebrospinalen dagegen zum weitaus größeren Teil aus markhaltigen zusammengesetzt.

Jeder periphere Nerv ist von Bindegewebe überzogen; es enthält die größeren Blutgefäße des Nerven und ist mit zahlreichen Fettzellen durchsetzt. Es bildet im Inneren zahlreiche gröbere und feinere Septen, welche die den ganzen Nerven zusammensetzenden Bündel voneinander trennen. Die Gesamtheit dieses Bindegewebes bezeichnen wir als Epineurium. Jedes Bündel des Nerven, sog. sekundäres Bündel ist nun aber noch von einer besonderen Bindegewebsscheide eng umhüllt, welche sich durch unsere Färbungsmittel leicht vom Epineurium differenzieren läßt und als Perineurium oder Perineuralscheide bezeichnet wird. Sie zeigt einen exquisit

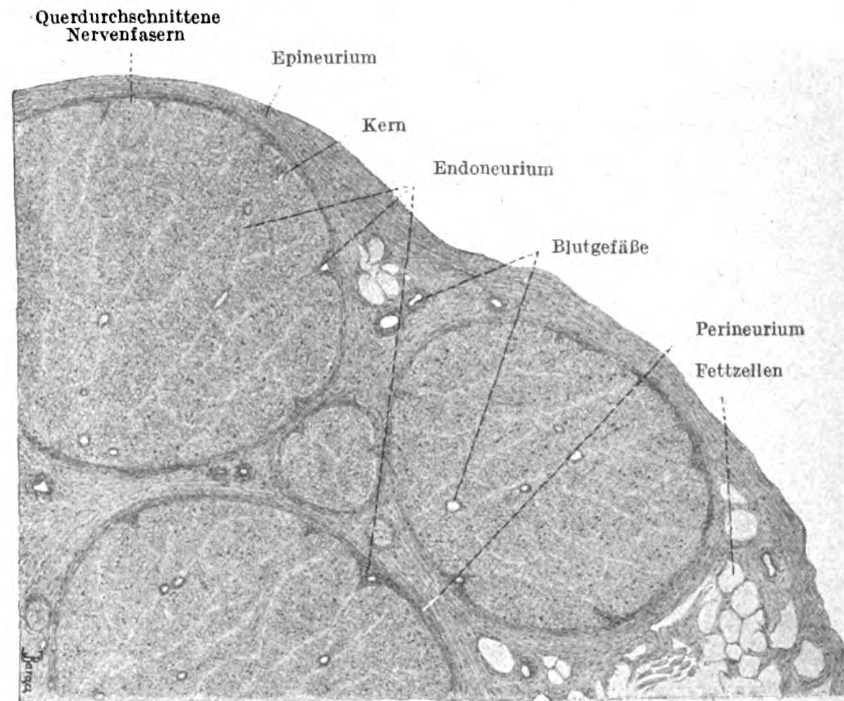


Fig. 356. Teil eines Querschnittes des N. tibialis anterior eines 30jährigen Weibes. 76mal vergrößert.

lamellösen Bau. Jede Lamelle besteht aus einer Schicht längs verlaufender Bindegewebsbündel, umsponnen von einem Netzwerk elastischer Fäserchen und belegt mit platten Zellen in kontinuierlicher Schicht. Von dieser Perineuralscheide aus dringen nun in jedes Nervenbündel feine Bindegewebslamellen ein, sondern größere oder kleinere Gruppen von Nervenfasern zu primären Bündeln und senden dann noch zwischen die einzelnen Nervenfasern ihre kollagenen Fäserchen hinein. Die Gesamtheit dieses Bindegewebes bezeichnen wir als Endoneurium (Fig. 356). Um jede einzelne Nervenfaser herum bildet dieses Endoneurium eine besondere Scheide, welche

wieder aus feinsten längsverlaufenden Bindegewebsbündelchen und aufgelagerten, epithelartig angeordneten Zellen besteht. Diese letztere, jede einzelne Nervenfaser umhüllende Scheide, von Ranvier irrtümlich als Henlesche Scheide beschrieben, wollen wir mit ihren Entdeckern, Key und Retzius, als Endoneuralscheide bezeichnen. An die Endoneuralscheide schließt sich dann nach innen direkt die Schwannsche Scheide an.

Je mehr sich der Nerv seinem Ende nähert, um so dünner werden seine Äste, womit eine Verdünnung des Epineuriums und Perineuriums Hand in Hand geht. Wenn schließlich die einzelnen Nervenfasern frei werden, so sind sie nach außen von der Schwannschen Scheide noch von der Endoneuralscheide umhüllt und diese geht kontinuierlich in die die sensiblen Endorgane umgebende Hülle über, dringt auch mit den Nerven in die peripheren Ganglien ein und setzt sich hier in die die Nervenzellen umhüllenden Kapseln fort. Die Schwannsche Scheide dagegen dringt in die Kapsel ein und entwickelt sich hier entweder aus den Amphizyten (Lenhossék) oder sie verliert sich schon vorher.

Die Blutgefäße der Nerven verzweigen sich innerhalb des Epineuriums vielfach, durchbohren dann die Perineuralscheide und gelangen so zwischen und in die primären Bündel, wo sie innerhalb des Endoneuriums in langgezogene Kapillarschlingen zerfallen.

Geschlossene Lymphgefäße besitzen die peripheren Nerven ebensowenig wie Gehirn und Rückenmark. An ihrer Stelle funktionieren die Räume zwischen den Lamellen der Perineuralscheide und die Spalträume innerhalb des Endoneuriums als Lymphräume. Sie stehen auch in offener Verbindung mit den Subdural- und Subarachnoidealräumen der Zentralorgane.

Auch Nerven, Nn. nervorum, finden sich innerhalb des Nervenbindegewebes, sie endigen teils an den Gefäßen (W. Krause), teils frei im Bindegewebe (Prus).

3. Nervenendigungen.

Die Nervenendigungen stellen die letzten Enden (Telodendria) einzelner Neurone dar. Sie sollen das Nervensystem mit anderen Geweben und Organen in Verbindung bringen und den Einfluß des ersteren auf die letzteren vermitteln oder innerhalb des Nervensystems selbst den Zusammenhang einzelner Kettenglieder oder Neurone untereinander erhalten.

Infolgedessen können wir die Nervenendigungen je nach dem Gewebe, in welchem sie angetroffen werden, in solche einteilen, die: I. im Epithelgewebe, II. im Bindegewebe, III. im Muskelgewebe und IV. im Nervengewebe enden.

Was den Bau der Nervenendigungen betrifft, so können wir im allgemeinen sagen, daß die Nerven teils in den Geweben der verschiedenen Organe, oft mit Hilfe von reichlich verästelten Endausbreitungen, ihr Ende finden, und zwar unmittelbar ohne besondere Adaptierung und Vermittlung bestimmter Elemente der betreffenden Gewebe, teils erst im Zusammenhange mit bestimmt differenzierten Elementen der in Betracht kommenden Gewebe ein zur Aufnahme der Reize geeignetes Ganzes bilden.

Die ersteren bezeichnen wir als freie Nervenendigungen, die letzteren als Nervenendigungen mittelst End- oder Terminalkörperchen. In diesem Falle können die letzten Endigungen in unmittelbaren Kontakt mit ausdifferenzierten spezifischen Tastzellen treten oder sich mit mehr oder weniger zahlreichen Bindegewebshüllen umgeben (eingekapselte Nervenapparate).

Diese eigentümlichen, oft sehr kompliziert gebauten Endapparate entstehen in der Weise, daß die Nervenfaser in ein anderes Gewebe (Epithel- oder Bindegewebe) hineinwächst, welches auf dieses Eindringen der Faser spezifisch reagiert, indem es einer besonderen Differenzierung unterliegt. Die äußerste Endigung der Nervenfaser kann sich in den verschiedenen Endigungsformen verschiedenartig verhalten: sie kann unverästelt mit einer Verbreiterung auslaufen, oder sie kann im Gegenteil sich sehr weitgehend verzweigen, Geflechte oder sogar in sich abgeschlossene Netze bilden.

Im Gegensatz zu diesen mannigfaltigen Formen der Endigungen ist das Verhalten der Neurofibrillen innerhalb der Endausbreitung der Nervenfaser recht einförmig: sie bilden innerhalb der perifibrillären Substanz (Axoplasma) stets geschlossene Netze (Dogiel, Ramón y Cajal, Botezat). Nach diesen Untersuchungen scheinen freie Endigungen der Neurofibrillen in den Endapparaten nicht vorzukommen, wir haben es hier stets mit einem geschlossenen Endnetz (geschlossenen Schleifen) zu tun (Fig. 360 u. 363).

Manchmal sieht man, wie aus einer Nervenendigung eine Nervenfaser austritt, um dann, sei es eine sekundäre oder tertiäre Endigung derselben Art oder auch eine Nervenendigung anderer Art zu bilden. Es sind dies die sogenannten ultraterminalen Fasern (Ruffini). Es kommt auch vor, daß zwei von gesonderten Fasern gebildete Nervenendigungen derselben Art durch eine Nervenfaser, eine sogenannte Assoziationsfaser, verbunden werden.

In die Nervenendkörperchen tritt neben der, bzw. den markhaltigen Nervenfasern, welche dort endigen (sogenannte zentrale Endigung), durch denselben Pol des Endkörperchens oft noch eine sehr dünne Faser (sogenannte akzessorische Nervenfaser) ein, die schon lange vorher ihre Markscheide verloren hatte; sie zerfällt hier in zarte Fäserchen, welche um jene zentrale Endigung ein Netz bilden,

ohne sich jedoch unmittelbar mit jener Endigung zu verbinden. Dies scheint ganz allgemein bei allen Formen der Nervenendkörperchen vorzukommen; so beschrieb Timofeew derartige Verhältnisse in den Endkolben, Dogiel und Willainen in den Grandryschen Körperchen, Botezat in den Merkelschen, Dogiel in den Meißnerschen Körperchen, Perroncito und Boeke in den motorischen Endplatten usw.

Die Betrachtung der Nervenendigungen vom physiologischen Standpunkt trifft auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Eine Einteilung der Nervenendigungen nach ihrer Bestimmung läßt sich vorläufig nicht durchführen, solange wir den anatomischen Unterschied zwischen den zentripetalen und zentrifugalen Nervenfasern nicht kennen. Wir vermögen z. B. bei den Drüsen nicht apodiktisch zu behaupten, welche Endigungen sekretorisch und welche sensibel sind. Auch ist die Einteilung der sensiblen Endigungen nach der Fähigkeit des Perzipierens der einzelnen Gefühlsarten (Temperatur, Druck, Schmerz) bisher noch nicht geglückt.

In unserer Beschreibung der Nervenendigungen werden wir den Geweben folgen, in welchen diese angetroffen werden und beginnen mit den intraepithelialen.

I. Intraepitheliale Nervenendigungen.

In erster Linie unterscheiden wir hier freie Endigungen (Fig. 357), welche vor allem das mehrschichtige Epithel der Schleimhäute, der Hornhaut und der äußeren Haut reichlich innervieren. Die Nervenfasern verlaufen in Bündeln innerhalb des tiefer liegenden Bindegewebes bis zur Grenze des Epithels; die nackten Achsenzylinder überschreiten unter Verlust ihrer Scheiden die Grenze des Epithels und zerfallen in feine Äste, von welchen einige tangential abzweigen und sich weiter verästeln. Solche Fasern rücken manchmal bis zu den äußeren Schichten des Epithels (in der Epidermis bis zum Stratum granulosum) vor, manchmal biegen sie dagegen wieder gegen die tieferen Schichten um, wo sie frei endigen (Harnblase, Retzius). Die Enden der Nervenfasern zeigen oft Verdickungen in Form von Knötchen. Die Verdickungen, sog. Varikositäten, im Verlaufe der Fasern, sind dagegen als durch die Präparationsmethoden hervorgerufene Kunstprodukte oder als postmortale Veränderungen zu betrachten.

Den freien intraepithelialen Nervenendigungen kann man auch die Endigungen in den Drüsen beizählen. Wie die neueren Forschungen gezeigt haben, endigen hier die Nerven an der Oberfläche der Drüsenzellen, treten aber nie in dieselben ein, wie dies früher vermutet wurde. Manchmal sind die letzten Enden, welche

der Außenfläche der Zellen anliegen, verdickt und abgeplattet. Über die Einzelheiten siehe die betreffenden Abschnitte über die Drüsen.

Sodann finden wir innerhalb des Epithels Nervenendigungen in Form von Endkörperchen, namentlich sog. Merkelsche Körperchen (Fig. 357, 358 u. Taf. LXXXVI, Fig. 366). Diese sind am reichlichsten im Schweinerüssel, in der äußeren Wurzelscheide der Tasthaare und in der Schleimhaut des harten Gaumens der Säuge-

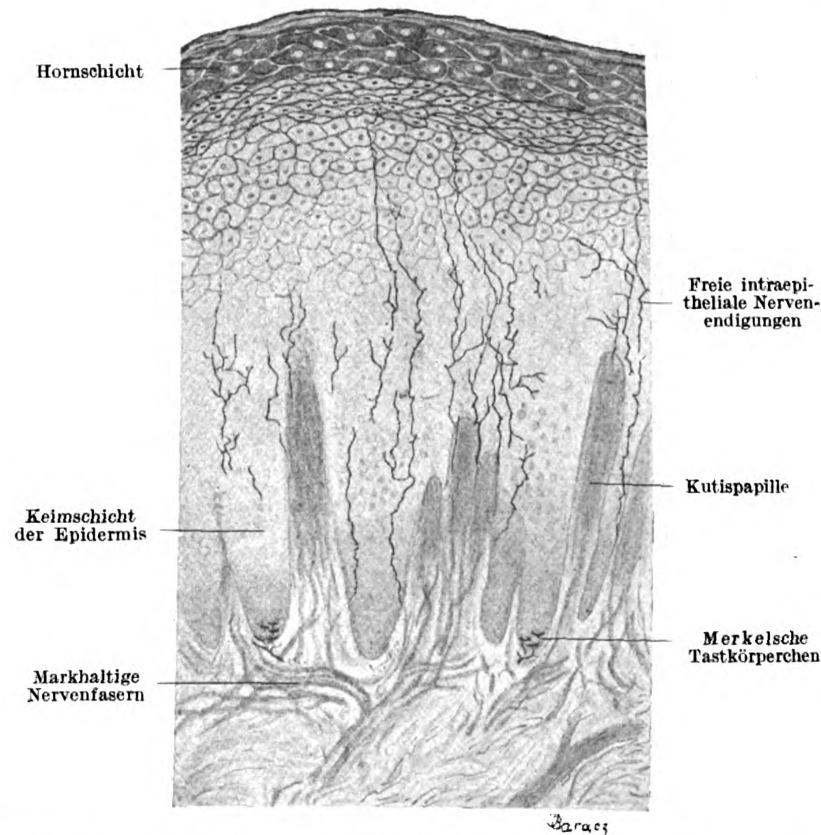


Fig. 357. Senkrechter Schnitt durch die Haut des Schweinerüssels mit freien intraepithelialen Nervenendigungen und Merkelschen Tastkörperchen.
Mit Goldchlorid gefärbt. Ca. 300mal vergrößert.

tiere vertreten. Beim Menschen sind sie, wenn auch spärlich, in der Epidermis anzutreffen. Wir finden namentlich in deren tiefsten Schichten Zellen, welche sich von anderen Epithelzellen dadurch unterscheiden, daß sie größer und heller sind und einen großen, bläschenförmigen Kern besitzen.

Mittelst spezieller Methoden, welche besonders die Nerven zur Anschauung bringen, z. B. der Vergoldungsmethode (Taf. LXXXVI, Fig. 366) und Methylenblaufärbung, kann man sich überzeugen, daß zu den sog. Merkelschen Tastzellen Nervenfasern herantreten,

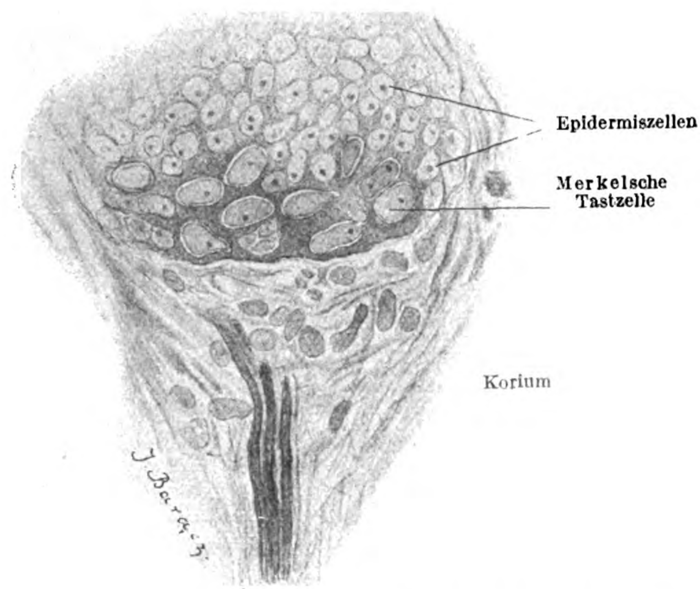


Fig. 358. Aus einem senkrechten Schnitt durch die Haut des Schweinerüssels.

Im Korium sieht man drei markhaltige Nervenfasern nach oben ziehen; in der Epidermis liegen mehrere Merkelsche Tastkörperchen. Ca. 450mal vergrößert.

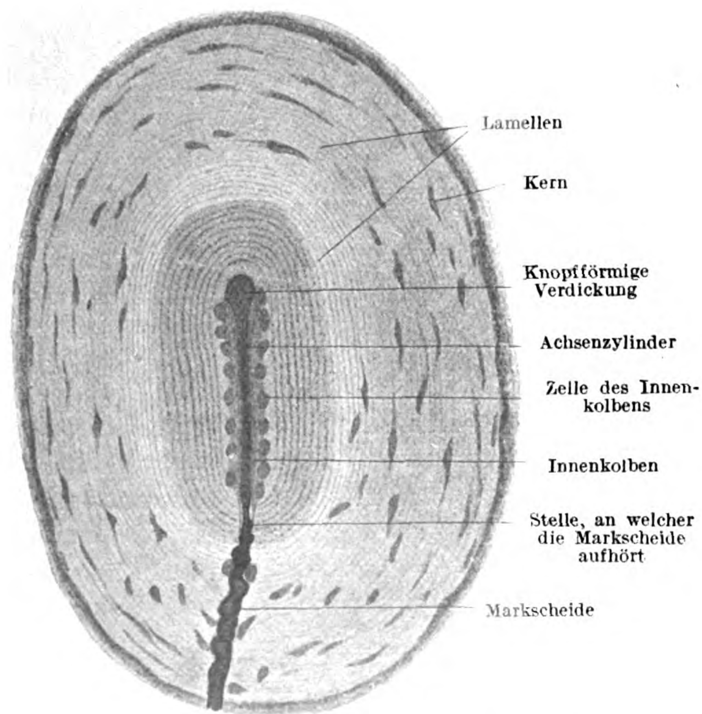


Fig. 359. Herbstsches Körperchen aus der Wachshaut des Entenschnabels.

Ca. 450mal vergrößert.

welche an der Grenze des bindegewebigen und epithelialen Teiles der Haut ihre Scheiden verloren haben und an ihrem Ende Verdickungen in Form von schalenförmigen Gebilden, den sog. Tastmenisken aufweisen. Ein jeder Meniskus legt sich mit seiner konkaven Seite der Tastzelle dicht an. Die Tastmenisken liegen gewöhnlich an der unteren Fläche der Zellen, so daß die herantretende Nervenfaser mit dem Meniskus und der Zelle lebhaft an das Bild einer Eichel mit Stiel, Fruchtbecher und Nuß erinnert. An den Merkelschen Körperchen endigt außerdem noch eine zweite dünne Nervenfaser in Form eines perizellulären Netzes (Botezat u. Dogiel). Diese Tastzellen sind ihrer Entwicklung nach als modifizierte epitheliale Zellen zu betrachten. Ihre Differenzierung wird durch das Herantreten einer Nervenfaser an die Epithelzellen veranlaßt (Szymonowicz).

In der Mitte zwischen der ersten und zweiten Form, d. i. zwischen den intraepithelialen freien Nervenendigungen und den Nervenendigungen mittelst der Merkelschen Tastzellen, stehen die intraepithelialen Endigungen im Gaumen des Frosches. Nach der Beschreibung Bethes stehen dort die Nervenfasern durch verbreiterte Endplatten mit besonders modifizierten Epithelzellen in Berührung. Hierher gehören auch die Nervenendigungen in der Schnauze des Maulwurfs (Eimersches Organ). Die Nervenfasern dieses Organes treten vermittelst seitlich abstehender Knöpfchen mit einer Reihe von speziell modifizierten Epithelzellen in Verbindung. Es gehören ferner hierher die Nervenendigungen in den Geschmacks- und Gehörorganen, da in ihnen die verästelten und verdickten Enden der Nerven in Kontiguität mit differenzierten Epithelzellen, den sog. Sinneszellen (Neuroepithelzellen) stehen. Anders sind die Verhältnisse bei dem Geruchsorgan (worüber später).

II. Nervenendigungen im Bindegewebe.

Auch hier wurden freie Nervenendigungen an vielen Körperstellen vorgefunden. Die Nervenfaser verliert ihre Scheiden und der nackte Achsenzylinder zerfällt in mehr oder minder zahlreiche baumförmige, feine Ästchen, welche innerhalb des Bindegewebes frei endigen. Solche Endigungen wurden beobachtet in den Sehnen als sog. Sehnenspindeln (Golgi, Cattaneo, Ciaccio, Ruffini), wo die reichlich verästelten Achsenzylinder zwischen die Bündel einer spindelförmigen Auftreibung der Sehne eindringen und daselbst frei endigen; ferner in der Subkutis und den tiefsten Partien der Kutis als sog. Ruffinischen Nervenverzweigungen, in der Haut dicht unter der Basalmembran, an der Grenze der Epidermis und der Lederhaut (Ranvier, Szymonowicz, Dogiel), im Nagelbett (Dogiel), an der Glashaut

der Haarbälge (siehe Haare), im Endokard (v. Smyrnow), in der Pleura (Dogiel) und an anderen Stellen. Die freien Endigungen solcher Nerven erscheinen zuweilen in Form von ausgezackten Endplättchen, wie z. B. in der Hornhaut (Dogiel).

Die Endigungen der Nerven in Form von Endkörperchen bieten eine große Mannigfaltigkeit dar. Eine erste Art von Endkörperchen sind die sog. Endkolben. In allen Körperchen dieser Art unterscheiden wir drei Bestandteile, nämlich 1. den am meisten zentral liegenden und hier endigenden Achsenzylinder, 2. den sog. Innenkolben, welcher eine Art plasmatischer Scheide darstellt, und 3. die diese beiden Teile umfassenden Hüllen (Fig. 360).

Im einfachsten Fall enthält der gegen das Ende keulenförmig verbreiterte Innenkolben einen Achsenzylinder, welcher mit einer knopfförmigen Anschwellung abschließt. Den Innenkolben umgeben nur wenige Bindegewebsschichten, welche spärliche Bindegewebszellen enthalten. Solche Körper sind gewöhnlich länglich, manchmal spiralig gewunden. Öfters zerfällt der Achsenzylinder in mehrere, am Ende verdickte Terminalfasern, die von einer gemeinsamen Schicht von Bindegewebe umgeben sind. Körperchen dieser Art finden wir in der Konjunktiva (Krause), in der Haut des Schweinerüssels (Szymonowicz) usw.

Dieser einfache Bau der Endkolben kann in doppelter Hinsicht Komplikationen erfahren: einerseits dadurch, daß der Achsenzylinder sich reichlich teilt, sich windet und Geflechte oder Netze bildet, andererseits dadurch, daß die Bindegewebshülle eine mächtigere Entwicklung erreicht.

In ersterer Hinsicht etwas komplizierter gebaute Endkolben stellen die sog. Golgi-Mazzonischen Körperchen dar. Es sind dies runde oder ovale Gebilde, an die eine oder zwei Nervenfasern herantreten. Ihr Achsenzylinder teilt sich in mehr oder weniger zahlreiche Äste, die sich winden und gegenseitig durchflechten, wobei sie häufig eine weitere Verästelung eingehen. Die letzten Ästchen enden mit kleinen Anschwellungen. Manchmal sind die sich durchflechtenden Schlingen so zahlreich, daß das Körperchen geradezu den Eindruck eines Nervenknäuels macht. Nach außen sind die Körperchen von einer aus wenig zahlreichen, konzentrisch angeordneten Lamellen bestehenden Bindegewebshülle umgeben. Solche Körperchen wurden gefunden in der Konjunktiva (Dogiel), in der Haut der Geschlechtsorgane als sog. Genitalnervenkörperchen (Dogiel), in der Kutis und Subkutis der menschlichen Haut, im Nagelbett (Dogiel) usw.

Eine sehr stark entwickelte Bindegewebshülle, die in Form von zahlreichen konzentrisch angeordneten Lamellen auftritt, finden wir in den Herbstschen und Vater-Pacinischen Körperchen.

Die Herbstschen Körperchen (Fig. 359 u. 360) trifft man gewöhnlich neben den später zu besprechenden Grandryschen in der Haut der Wasservögel. Sie stellen ovoide Gebilde von ca. 140 μ Länge und 80 μ Breite dar. Den inneren Teil des Körperchens nimmt der am Ende knopfförmig angeschwollene Achsenzylinder und die plasmatische Scheide (Innenkolben) ein, welche den ersteren umgibt und beiderseits an eine Reihe von 6—10 Zellen (Kolbenzellen) grenzt, welche hier dieselbe Rolle zu spielen scheinen, wie die Tastzellen im Merkelschen Körperchen. Der Achsenzylinder zeigt eine deutliche Zusammensetzung aus einem Netz von Neurofibrillen und einer Perifibrillärsubstanz (Fig. 360); er entsendet zahlreiche Abzweigungen, welche nach Botezat zwischen die Kolbenzellen eindringen und in kleine Tastscheiben auslaufen. Der äußere lamellöse Teil besteht aus zahlreichen konzentrisch gelagerten bindegewebigen Lamellen, von denen die äußeren spärliche, platte Zellen enthalten. Die Nervenfaser tritt an einem Ende des Körperchens ein und durchdringt mit der Schwannschen und der Markscheide den äußeren lamellösen Teil des Nervenendkörperchens. Beide Scheiden verlieren sich an der Grenze des inneren Teiles des Körperchens.

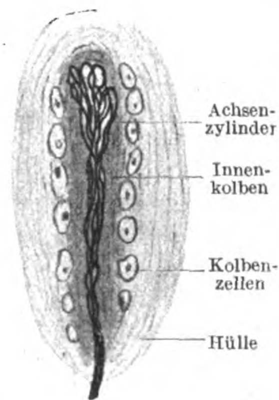


Fig. 360. Der innere Teil des Herbstschen Körperchens, behandelt nach der Methode von Ramón y Cajal (nach Dogiel).

Die Vater-Pacinischen Körperchen (Fig. 361) sind von den Herbstschen etwas verschieden. Wir finden nämlich statt der neben dem Innenkolben in zwei Reihen liegenden großen Zellen platte Zellen; der im Innenkolben verlaufende Achsenzylinder zerfällt oft in mehrere Ästchen; auch ist der lamellöse Teil stärker entwickelt. In größeren Körperchen können wir bis 60 Lamellen zählen. Zwischen den letzteren findet sich eine helle seröse Flüssigkeit. Jede Lamelle ist auf ihrer Innenfläche mit platten, epithelartig nebeneinander gelagerten Zellen ausgekleidet, deren Grenzen durch Argentum nitricum nachgewiesen werden können (Hoyer sen.). Manchmal treten Blutkapillaren in den lamellösen Teil ein. Sowohl in die Vater-Pacinischen, wie auch in die Herbstschen Körperchen gelangt außer der dicken, zentral endigenden Nervenfaser noch eine zweite dünne Nervenfaser und bildet ein feines, den Innenkolben umflechtendes Netz (Timofeew, Dogiel). Diese Körperchen sind bis über 2 mm groß, daher gewöhnlich schon mit freiem Auge sichtbar. Wir finden sie im Unterhautbindegewebe der Handfläche und Fußsohle, am zahlreichsten aber in dem der Finger und Zehen, ferner an den Beuge-

seiten der Gelenke, im Periost, im Mesenterium und im Pankreas der Katze usw.

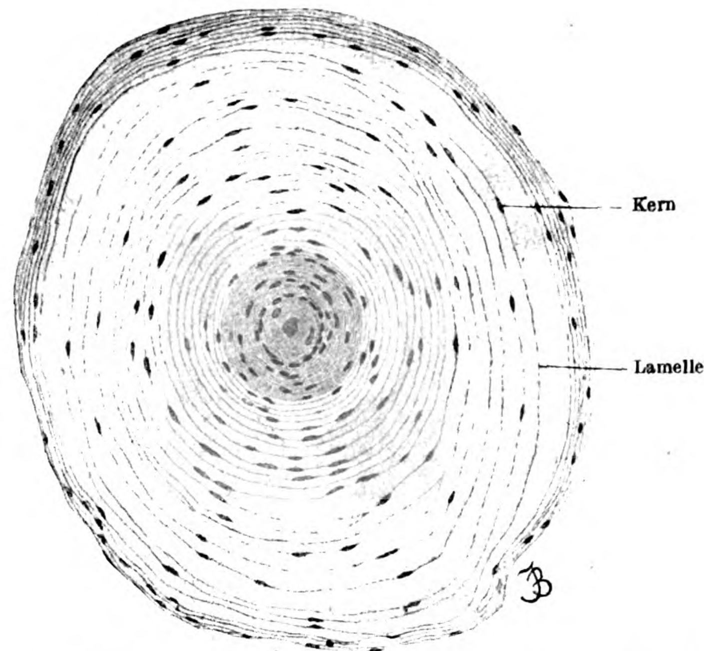


Fig. 361. Querschnitt eines Vater-Pacinischen Körperchens der Katze.

In der Mitte liegt der querdurchschnittene Achsenzylinder. Ca. 200mal vergrößert.

Schließlich haben wir im Bindegewebe noch eine Gruppe von Endkörperchen, nämlich solche, bei denen der Nerv in Beziehung zu den sog. Tastzellen tritt.

Es gehören hierher in erster Linie die Grandryschen Körperchen (Fig. 362). Sie sind verhältnismäßig groß, denn ihr Durchmesser beträgt ca. 50 μ. Sie sind mit einer bindegewebigen Hülle umgeben, welche die Tastzellen, sowie eine das letzte Ende der Nervenfaser darstellende Tastscheibe umschließt. Die Nervenfaser verliert ihre Scheiden an der Stelle, an welcher sie die bindegewebige Hülle durchdringt und verbreitert sich als nackter Achsenzylinder zur Tastscheibe ohne einer Teilung zu unterliegen oder sie zerfällt

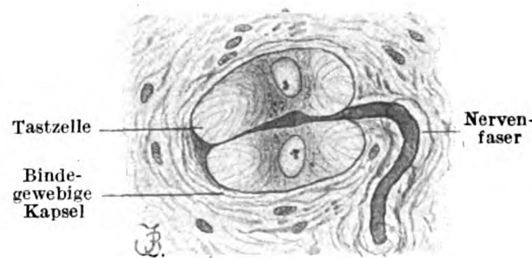


Fig. 362. Ein aus zwei Tastzellen und einer Tastscheibe zusammengesetztes Grandrysches Tastkörperchen; aus einem senkrechten Schnitt durch die Wachshaut des Oberschnabels der Ente.

Ca. 400mal vergrößert.

in zwei bis vier Ästchen, deren jedes sich abplattet und eine Scheibe bildet. Jede dieser letzteren grenzt beiderseits an abgeplattete Tastzellen. Hieraus folgt, daß wir in Körperchen, welche eine Scheibe besitzen, zwei Tastzellen, welche in ihrer Form an runde Laibe Brot erinnern, dagegen in Körperchen mit zwei Scheiben drei Tastzellen, in Körperchen mit drei Scheiben vier Tastzellen usw. vorfinden. Die größten Körperchen im Entenschnabel enthalten vier Scheiben und fünf Tastzellen. Die Tastscheiben sind am Rande dünner als in der mittleren Partie. Bei Anwendung spezifischer Methoden kann man sich überzeugen, daß die Neurofibrillen des Achsenzylinders beim Übergange in die Scheibe in eine große Zahl von feinsten Fibrillen zerfallen, welche fächerförmig auseinandergehen, in ihrem Verlaufe sich teilen, und untereinander anastomosieren. Am gegenüberliegenden Rande der Scheibe verbinden sich die Neurofibrillen wieder miteinander, wodurch geschlossene Schlingen entstehen (Fig. 363). Die Tastscheiben und Tastzellen liegen parallel zur Außenfläche der Haut. Die Tastzellen enthalten innerhalb der zentralen Partie des Protoplasmas bogenförmig verlaufende, mit ihrer konvexen Seite dem in der Mitte liegenden Kerne zugewendete Fäserchen. Die Grandryschen Körperchen finden sich vor allem bei den Schwimmvögeln (Ente, Gans usw.) in der Kutis der Wachshaut des Schnabels und in der Zunge. Im Gaumen mancher Vogelgattungen, z. B. beim Huhn, bei der Taube, sind, im Gegensatz zu diesen zusammengesetzten, kleine einfache Grandrysche Körperchen zu finden, welche aus einer Tastzelle und einer Tastscheibe bestehen und deshalb stark an Merkelsche Körperchen erinnern. Die Tastzellen der Grandryschen Körperchen sind bindegewebigen Ursprungs, wie dies die Untersuchungen über die Entwicklung dieser Körperchen dartun (Szymonowicz). Es ist demnach der Ursprung dieser Tastzellen und der Merkelschen Tastzellen durchaus verschieden.

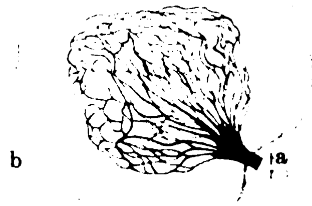


Fig. 363. Flachschnitt durch ein Grandrysches Körperchen nach der Methode von Ramón y Cajal behandelt (nach Dogiel).

a = Achsenzylinder, der in die Tastscheibe übergeht. b = Tastzelle.

Einen höheren Entwicklungsgrad dieser Art von Nervenendigungen stellen vor allem die in den Zungenpapillen einiger Sperlingsvögel sich findenden sog. Doppelsäulenkörperchen dar; in ihnen sind die ziemlich zahlreichen Tastzellen in mehr oder weniger regelmäßigen Doppelsäulen angeordnet. Die eintretende dicke Nervenfaser verläuft nach Verlust der Markscheide zickzackförmig zwischen den Zellsäulen, wobei sie nach rechts und links Seitenästchen abgibt, die sich in Tastscheiben ausbreiten. Sowohl in diesen, wie auch in

den Grandryschen Körperchen gelingt es manchmal, eine zweite an das Körperchen herantretende dünne Nervenfaser nachzuweisen, welche ein feines perikorpuskuläres Netz bildet.

Zu dieser Gruppe der Nervenendigungen wären auch, als komplizierteste Form, die sog. Meißnerschen Körperchen zu zählen (Taf. LXXXV, Fig. 364 u. 365), welche wir vor allem in den Papillen der menschlichen Haut, am zahlreichsten in den Beeren der Finger und Zehen vorfinden. Es sind dies Gebilde von meistens eiförmiger Gestalt, oft über 100 μ lang und gegen 50 μ breit. Eine diese Körperchen außen umgebende bindegewebige Hülle schickt oft in das Innere dünne Scheidewände und verleiht so dem Körperchen einen gelappten Bau. Zum unteren Pol des Körperchens gelangen ein oder zwei oder auch bis fünf Nervenfasern und verlieren ihre Markscheide beim Durchdringen der Bindegewebshülle. Der nackte Achsenzylinder unterliegt im Innern einer mehrfachen Teilung, windet sich spiralig oder schlangenförmig und verbreitert sich stellenweise bandförmig. Diese Verbreiterungen legen sich den zahlreichen, quer zur Längsachse des Körperchens angeordneten, langgestreckten Tastzellen eng an. Außer diesen Endverästelungen der dicken markhaltigen Fasern treten an die Meißnerschen Körperchen dünne Nervenfasern heran, welche sich teilen, in das Innere der Körperchen eindringen, in feinste variköse Fädchen zerfallen und ein recht dichtes Netz bilden; dieses umflicht die Endästchen der dicken markhaltigen Fasern, wobei jedoch beide Geflechte selbständig bleiben und miteinander nicht anastomosieren.

III. Nervenendigungen im Muskelgewebe.

Wir werden uns in erster Linie mit den motorischen Nervenendigungen im Muskelgewebe befassen. Von den sensiblen Nervenendigungen in der glatten Muskulatur und im Herzmuskel haben wir bis heute noch keine genaue Kenntnis.

a) In der glatten Muskulatur verhalten sich die Nervenendigungen, wie dies die neueren Untersuchungen mittelst spezieller Methoden nachgewiesen haben, folgendermaßen: Die Nervenfaser dringt zwischen die Muskelbündel und unter fortgesetzter Teilung zwischen die einzelnen Muskelzellen ein. Die ganze Faser zeigt gewöhnlich im Verlaufe Varikositäten und endet, indem sie eine Endanschwellung bildet, frei an der Oberfläche der Muskelzellen. Diese Endanschwellung tritt demnach in unmittelbare Berührung, d. h. Kontiguität mit dem Zellkörper. In das Innere der Zellen gelangen jedoch die letzten Enden der Nervenfasern nie und stehen deshalb auch mit den Kernen der Muskelzellen in keinem Zusammenhange, wie dies einige Forscher früher vermuteten. Nach Hofmann enden die

Nerven in der glatten Muskulatur mit einem Endnetz, welches sich dicht an den Muskelzellen entlang zieht.

b) Im Herzmuskel endigen die motorischen Nerven ebenfalls an der Oberfläche der Zellen mittelst kleiner Anschwellungen und Knöpfchen. In Anbetracht der großen Anzahl von Nervenfasern ist es möglich, daß jedes Muskelsegment (Muskelzelle älterer Autoren) eine besondere Nervenfaser erhält. Die Nervenfasern bilden unter sich, vor der Abgabe der letzten Enden, Anastomosen, wodurch ein Endnetz gebildet wird, von welchem erst feine Endfäserchen auslaufen.

c) In den quergestreiften Skelettmuskeln enden die motorischen Nerven auf folgende Art: Die Bündel markhaltiger Nervenfasern bilden im Perimysium Geflechte; die Fasern teilen sich und gelangen zu den einzelnen Muskelfasern, um an deren Oberfläche zu endigen (Taf. LXXXVI, Fig. 367). Die Schwannsche sowie die Endoneuralscheide gelangen nach der Ansicht einiger Forscher nicht bis zu den Muskelfasern, andere lassen sie jedoch mit dem Sarkolemma verschmelzen; die Markscheide endet da, wo die Nervenfaser an die Muskelfaser herantritt. Das Ende des Achsenzylinders bildet eine hirschgeweihartige Verästelung. Die Lage dieser Endausbreitung und ihr Verhältnis zum Protoplasma der Muskelfaser ist nach der Meinung verschiedener Forscher eine verschiedene, je nach deren Ansicht über das Verhalten der Schwannschen Scheide. Es liegt nämlich nach der Ansicht der einen das letzte Nervenende auf dem Sarkolemma, nach der Ansicht derjenigen dagegen, welche die Schwannsche Scheide in das Sarkolemma übergehen lassen, liegt es unter dem Sarkolemma in unmittelbarer Berührung mit dem Protoplasma (Sarkoplasma) der Muskelfaser. Wir bemerken oft an der Stelle, an welcher die Nervenfaser zur Muskelfaser herantritt, bei seitlicher Betrachtung einen Hügel. Dieser Hügel heißt der Doyèresche, weil Doyère als erster denselben in den Muskeln der Insekten nachgewiesen hat.

Die Endausbreitungen des Achsenzylinders zeigen bei verschiedenen Tieren sehr verschiedene Verästelungsformen. Bei einigen (besonders bei Amphibien) verlaufen sie mehr geradlinig (Taf. LXXXVI, Fig. 369), bei anderen dagegen (wie Reptilien, Vögeln, Säugetieren) S-förmig (Taf. LXXXVI, Fig. 368). An der Stelle, an der die Endverästelung der Muskelfaser anliegt, finden wir in der letzteren eine größere oder geringere Menge einer feinkörnigen Substanz, die Sohlenplatte oder Granulosa (Taf. LXXXVI, Fig. 368). Die Ansichten der Forscher über die Granulosa sind ebenfalls geteilt. Diejenigen, welche dem Endgeweih des Achsenzylinders seinen Platz unter dem Sarkolemma anweisen, betrachten die Granulosa als eine Ansammlung des Sarkoplasmas, andere dagegen, welche die Ansicht vertreten, daß der Achsenzylinder auf dem

Sarkolemma endigt, leugnen die Identität der Granulosa mit dem Sarkoplasma und halten sie für eine Anhäufung von Neuroplasma. Die Sohlenplatte enthält Kerne, welche zur Muskelsubstanz und nach Ansicht anderer zur Schwannschen Scheide gehören. Jede Muskelfaser besitzt gewöhnlich nur eine motorische Nervenendigung. Manchmal treten jedoch zu einer Muskelfaser zwei oder sogar mehrere Nervenfasern hinzu und dann besitzt die erstere zwei oder mehrere Nervenendigungen (Taf. LXXXVI, Fig. 368). Manchmal innerviert im Gegenteil eine Nervenfaser zwei Muskelfasern (Taf. LXXXVI, Fig. 369).

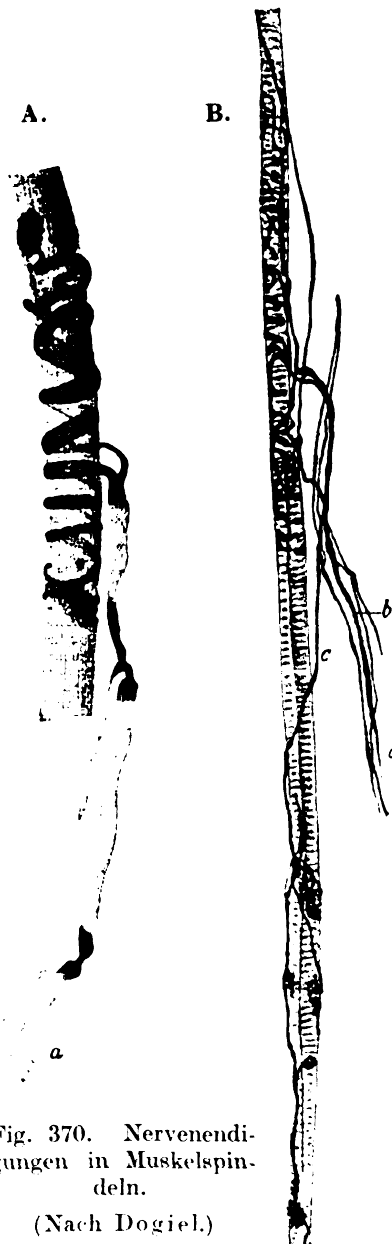


Fig. 370. Nervenendigungen in Muskelspindeln.
(Nach Dogiel.)

A. Eine in einer einfachen Spindel des M. transversus abdominis des Kaninchens in zwei spiralartigen Endapparaten endigende markhaltige Nervenfaser (a).

B. a = Nervenstamm; b = eine dicke, in einer einfachen Spindel in spiralartigen Endapparaten endigende markhaltige Nervenfaser; c = dünne markhaltige Nervenfaser, die in motorischen Apparaten endigt.

Auch in den motorischen Endigungen weist die Endverästelung des Achsenzylinders eine Zusammensetzung aus geschlossenen Netzen von Neurofibrillen inmitten der perifibrillären Substanz auf (Ramón y Cajal, Dogiel).

Boeke beschreibt marklose, zum quergestreiften Muskel gelangende Nervenfasern, welche in der Sohlenplatte oder in deren nächster Umgebung enden, von motorischen und sensiblen Systemen unabhängig sind und sympathischer Natur sein sollen (akzessorische Nervenfasern). Derselbe Forscher behauptet, daß die feinen Fäserchen, die nach Perroncito zu den motorischen Endplatten gelangen, nichts anders als Kollateralen der motorischen Nervenfasern sind und eine ultraterminale Faser bilden.

Die sensiblen Nerven versorgen die quergestreiften Skelettmuskeln auf verschiedene Art. Entweder verästeln sie sich baumförmig nach Verlust der Scheiden und en-

digen frei als nackte Achsenzylinder in dem den Muskel bedeckenden, wie auch im interstitiellen Bindegewebe, indem sie bis an das Sarkolemma gelangen, oder sie enden im Bindegewebe des Muskels und der Sehne mittelst besonderer Terminalkörperchen, wie Endkolben, Vater-Pacinischen, Ruffinischen und Golgi-Cattaneoschen Körperchen. Endlich können sie auch in den früher (S. 360) beschriebenen Muskelspindeln (Muskelknospen) enden.

An die Spindel treten gewöhnlich 1—2 dicke, markhaltige Fasern heran; dieselben dringen durch die Hülle und zerfallen in mehrere marklose Ästchen, welche abgeplattet in Form eines Bandes in mehrfachen Spiraltouren die Muskelfaser umwinden und mit Verbreiterungen an deren Oberfläche enden (Fig. 370).

Zusammen mit diesen dicken Nervenfasern treten zu den Muskelspindeln noch 1—3 dünne markhaltige Fasern, welche an den Polen der Spindel Endverzweigungen bilden (Fig. 370). Diese sind jedoch nach Ansicht der Mehrzahl der Forscher als motorische Endigungen zu betrachten. Überdies gelangen zu den Muskelspindeln dünne, marklose (sympathische) Fasern, um dort feine Netze zu bilden.

IV. Nervenendigungen innerhalb des Nervengewebes.

Da es sich hier um das Verhalten der letzten Endigungen der Neuronen innerhalb des Zentralnervensystems handelt, muß, um Wiederholungen zu vermeiden, auf das betreffende Kapitel verwiesen werden.

Allgemeine Betrachtungen über das gegenseitige Verhältnis der Neuronen im Zentralnervensystem.

Wir haben bereits (S. 114) erwähnt, daß man sich gegenwärtig das Nervensystem fast allgemein als eine aus einzelnen Gliedern (d. i. Neuronen) bestehende Kette vorstellt.

Die Einwirkung der einzelnen Neuronen aufeinander kommt nur durch Vermittlung der miteinander in Kontaktbeziehungen („per contiguitatem“) stehenden Telodendrien zustande. Fig. 371 soll das gegenseitige Verhältnis der Neuronen innerhalb des Nervensystems darstellen. Sie illustriert nämlich das Verhältnis des zentripetalen (sensiblen) Neurons zum zentrifugalen (motorischen). Dieses Verhältnis kann zweifacher Art sein; es sind entweder bloß zwei (sog. primäre) Neurone im Spiel oder es erfolgt die Einschaltung sekundärer Neuronen.

Im ersten Falle haben wir es mit dem sog. sensitiv-motorischen Reflexbogen (Fig. 371) zu tun. Das in der Epidermis (a) gelegene Telodendrion nimmt die Gefühlseindrücke auf, welche sich zellulipetal zur Spinalganglienzelle fortpflanzen; von hier gelangen sie durch

die hintere Wurzel in die graue Substanz des Rückenmarkes, innerhalb deren der Reiz vom Telodendrion des sensiblen Neurons A auf das Telodendrion des protoplasmatischen Fortsatzes des motorischen Neurons B übergeht, dessen Zelle im Vorderhorn des Rückenmarkes liegt. Dieser Reiz gelangt zur Zelle B und durch sie hindurch zu ihrem Nervenfortsatz. Zellulifugal verläuft er dann zum Telodendrion des letzteren (b, motorische Nervenendigung), welches im Muskel endet.

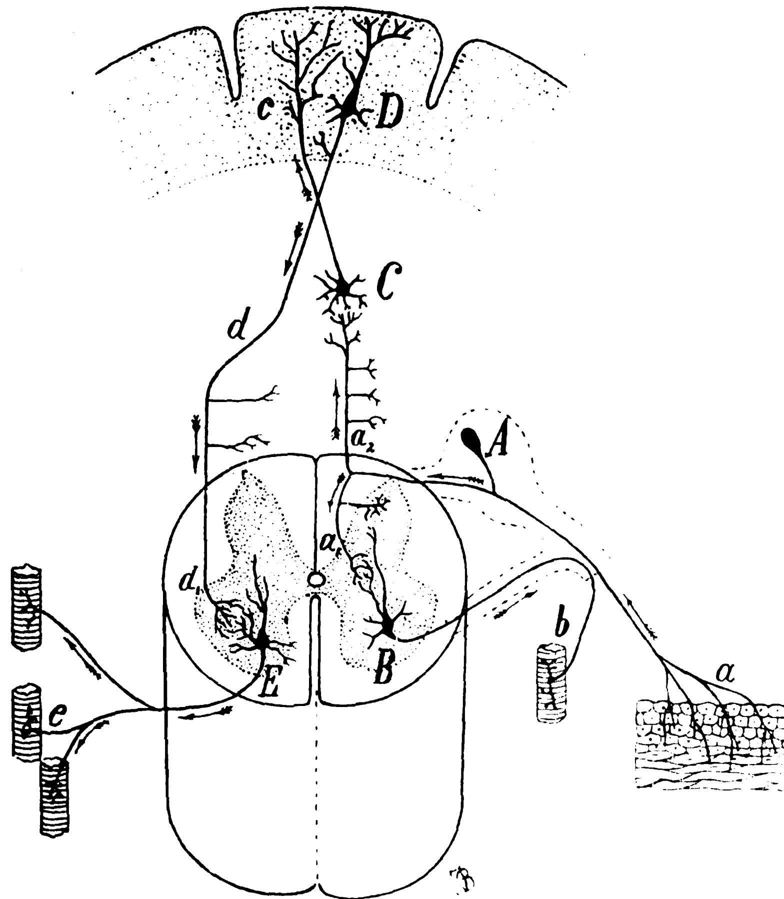


Fig. 371. Schema zur Demonstration des gegenseitigen Verhaltens sensibler und motorischer Neuronen im Zentralnervensystem.

Die Leitungsrichtung ist durch Pfeile angezeigt. (Nach Ramón y Cajal.)

Auf diese Art kommen die reflektorischen Bewegungen zustande. Die Sache verhält sich jedoch anders, wenn der Gefühlseindruck zur Gehirnrinde gelangen und eine willkürliche Bewegung hervorrufen soll. In diesem Falle nehmen am Aufbau der ganzen Bahn wenigstens vier Neurone teil (Taf. LXX, Fig. 326). Der sensible Reiz pflanzt sich von der Zelle A nach oben fort, indem er in dem in der weißen Substanz des Rückenmarkes weiterziehenden Hauptfortsatz

a_2 verläuft und auf das Gefühlsneuron zweiter Ordnung C übergeht. Von hier tritt er auf die motorische Nervenbahn über, und zwar auf das Telodendrion des motorischen Neurons (D), welches in der Hirnrinde liegt und zu einer sog. Pyramidenzelle (psychischen Zelle) gehört. Der Neurit der Pyramidenzelle (d) zieht nach abwärts und geht auf die entgegengesetzte Seite über. Er überträgt als motorisches Neuron erster Ordnung den Bewegungsimpuls auf das motorische Neuron zweiter Ordnung (E), dessen Zelle im Vorderhorn des Rückenmarkes liegt; von hier gelangt der Reiz zum Muskel (e) und ruft die beabsichtigte Bewegung hervor.

VIII. Die Sinnesorgane.

Unter Sinnesorganen verstehen wir diejenigen Organe, welche dazu bestimmt sind, die unseren Körper von außen her treffenden Reize aufzunehmen und an das zentrale Nervensystem behufs weiterer Verarbeitung abzugeben. Teilweise von außerordentlich kompliziertem Bau enthalten diese Organe, außer den spezifischen, der Perzeption dienenden Elementen noch mannigfache akzidentelle Vorrichtungen, welche die Perzeption ermöglichen oder erleichtern oder als Schutzvorrichtungen funktionieren.

Wir unterscheiden bekanntlich fünf Sinnesorgane, nämlich:

1. das Tastorgan,
2. das Sehorgan,
3. das Gehörorgan,
4. das Geschmacksorgan und
5. das Geruchsorgan.

Der Tastsinn hat seinen Sitz in der äußeren Haut, so daß diese in ihrer Gesamtheit als Tastorgan bezeichnet werden kann. Doch darf dabei nicht vergessen werden, daß die Haut in ebenso hohem Grade als Schutzorgan des Körpers und in nicht unbeträchtlichem Grade auch als Respirationsorgan funktioniert.

1. Die Haut — das Tastorgan.

Die Haut bedeckt die gesamte Körperoberfläche und entwickelt an bestimmten Stellen besondere Anhangsgebilde, die Haare und die Nägel. Sie enthält außerdem zahlreiche drüsige Organe, die Schweißdrüsen und die Talgdrüsen. Wir können überall an der Haut zwei Teile unterscheiden, nämlich erstens ein vom äußeren Keimblatt abstammendes vielschichtiges Epithel, die Epidermis (Taf. LXXXVII, Fig. 373), und dann einen darunter gelegenen mesodermalen, bindegewebigen Teil, das Derma oder die Kutis. Letztere läßt wieder eine oberflächliche derbere, kompaktere Schicht, die Lederhaut oder Korium erkennen, welche sich direkt der Epidermis nach innen

anschließt und eine tiefere, locker gebaute Lage, das Unterhautbindegewebe, subkutane Bindegewebe, Tela subcutanea, welche die Lederhaut mit den tiefer gelegenen Organen, z. B. Muskeln oder Knochen, verbindet.

Die Grenze zwischen Epidermis und Kutis ist gewöhnlich nicht eben gleichmäßig, sondern uneben hügelig, denn die Kutis bildet meistens kegelförmige Erhabenheiten, Papillen (Taf. LXXXVII, Fig. 373 und Taf. LXXXVIII, Fig. 375 und 376), über welche die Epidermis hinwegzieht. Diese Papillen stehen oft zu mehreren auf einer gemeinsamen Basis und sind an den verschiedenen Stellen der Körperoberfläche sehr verschiedenartig entwickelt. Die längsten Papillen finden sich in der Planta pedis, der Vola manus, der Glans penis, wo sie eine Länge von 0,2 mm erreichen können; in der Gesichtshaut dagegen erscheinen sie nur als ganz flache Erhebungen. Die Papillen bestehen aus Bindegewebe und bergen in ihrem Innern entweder Blutkapillarschlingen oder Nervenendkörperchen, so daß man sie in Gefäßpapillen und Nervenpapillen trennen kann.

Außer diesen Papillen bildet die Lederhaut an ihrer Oberfläche auch noch ein kompliziertes System von Leisten aus, die durch Furchen voneinander getrennt werden und auf ihrer oberen Fläche die Papillen tragen, während innerhalb der Furchen die Papillen fehlen. Die die Leisten trennenden Furchen können sich kreuzen. Diese Leisten sind auch schon äußerlich makroskopisch leicht zu erkennen.

Die Lederhaut besteht aus leimgebendem Bindegewebe. Ihre Fasern sind zu Bindegewebsbündeln vereinigt und durchkreuzen und durchflechten sich in mannigfacher Weise. Zwischen den kollagenen Fasern finden sich Netze elastischer Fasern, die in den oberflächlichen Lagen dünner, in den tieferen Lagen dicker sind. Auch die zelligen Elemente des Bindegewebes treffen wir in ihren verschiedenen Variationen in dem Korium.

Im Korium lassen sich zwei Schichten unterscheiden:

1. die oberflächlichere Pars papillaris und
2. die tiefere Pars reticularis.

Die Pars papillaris liegt direkt unter der Epidermis; aus ihr erheben sich die Papillen. Nach unten zu geht sie ohne deutliche Grenze in die Pars reticularis über, in der sich die Bindegewebsbündel vielfach kreuzen und dabei zwischen sich längliche, teils durch Fettgewebe, teils durch Schweißdrüsen ausgefüllte Räume, die Langerschen Rhomben, frei lassen.

Auch muskulöse Elemente finden sich im Korium, und zwar hauptsächlich glatte Muskeln; die Zellen sind zu dünnen Bündeln zusammengeschlossen und nehmen vorzugsweise einen zur Oberfläche

parallelen Verlauf; dabei können sie sich an manchen Stellen, z. B. in der Haut des Hodensackes (Tunica dartos), der Brustwarze und des Warzenhofes netzförmig durchflechten. Daneben treffen wir dann noch glatte Muskeln, die zu den Haaren und zu den Schweißdrüsen gehören und dort besprochen werden sollen. Aber auch quergestreifte Muskeln können sich bis ins Korium erstrecken, das gilt z. B. von den mimischen Muskeln des Gesichtes.

Das Unterhautbindegewebe zeichnet sich vor der Lederhaut durch eine stärkere Auflockerung der Bindegewebsbündel aus. Die es zusammensetzenden Bündel erheben sich aus dem bindegewebigen Überzug tiefer gelegener Organe, z. B. aus den Muskelfaszien, und bilden, sich vielfach durchflechtend und durchkreuzend, ein lockeres Maschenwerk, das allmählich in das Korium übergeht und in seinen Maschenräumen ansehnliche Mengen von Fettgewebe umschließt (Taf. LXXXVII, Fig. 373). Ist letzteres stärker entwickelt, so sprechen wir von einem Panniculus adiposus; ein ganz fettfreies Unterhautbindegewebe findet sich nur an wenigen Stellen, z. B. an der Ohrmuschel und am Hodensack. Verlaufen die Bündel des Unterhautbindegewebes mehr oder weniger parallel zur Oberfläche auf lange Strecken, so resultiert daraus eine weitgehende Verschieblichkeit der Haut, die sich dann in größeren Falten abheben läßt, während ein zur Oberfläche senkrechter Verlauf kürzere Bündel und damit schwerere Faltbarkeit der Haut erzeugt.

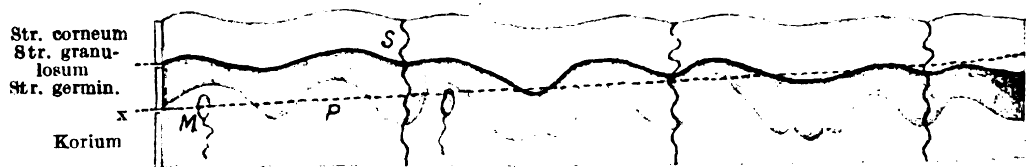


Fig. 374. Schematischer Durchschnitt der Haut, senkrecht zum Längsverlaufe der Leisten.

Diese Figur soll zeigen, wie der Schnitt in Fig. 375 ausgeführt wurde. Die Linie x—y gibt die Richtung des Durchschnittes an. S = Schweißdrüse, P = Papille, M = Meissnersches Körperchen.

Wenn wir damit den bindegewebigen Teil der Haut verlassen und uns zur Besprechung der Epidermis wenden, so wäre zunächst noch der sog. Basalmembran zu gedenken. Wie bei vielen anderen Epithelien, so schiebt sich auch hier zwischen Epithel und Bindegewebe ein dünnes, strukturloses Häutchen ein, dem die tiefste Zellschicht des Epithels aufsitzt. Unter dem Mikroskop erscheint es als eine glänzende Linie; sie ist entweder kaum angedeutet oder zerfällt in zwei deutliche, uneben verlaufende, gezähnte Konturen. Ihre Zacken vereinigen sich an der unteren Fläche mit den Bindegewebsfasern des Koriums, an der oberen Fläche dagegen schieben sie sich zwischen feine Zähnchen der untersten Epithelzellenschicht ein.

Die Epidermis stellt ein geschichtetes Plattenepithel dar, in dem wir zunächst eine äußere Hornschicht, Stratum corneum und eine tiefer gelegene Keimschicht, Stratum germinativum oder Stratum Malpighii unterscheiden können. Letzteres läßt wieder vier Unterschichten erkennen, und zwar von innen nach außen: a) Stratum cylindricum, b) Stratum spinosum, c) Stratum granulosum und d) Stratum lucidum (Taf. LXXXVIII, Fig. 375 und 376).

Keimschicht und Hornschicht zeigen nicht überall die gleiche Entwicklung. An den meisten Stellen der Körperoberfläche ist die Keimschicht dicker als die Hornschicht, nur an manchen Stellen, wie in der Vola manus und Planta pedis kommt es zu einer so mächtigen Entwicklung der Hornschicht, daß sie die Keimschicht an Dicke übertrifft.

Das Stratum cylindricum besteht aus einer einfachen Lage mäßig hoher Zylinderzellen, deren Basis in feine Zähnchen und Zacken ausläuft, die wieder in die entsprechenden Unebenheiten der Oberfläche der Basalmembran eingreifen. Das Stratum spinosum besteht aus zahlreichen Lagen polyedrischer Zellen. Es füllt alle Vertiefungen zwischen den Papillen aus. Sowohl die Zylinderzellen des Stratum cylindricum, als auch die Zellen des Stratum spinosum sind Stachelzellen, wie sie im allgemeinen Teil des näheren beschrieben worden sind (S. 47). Ihr Protoplasma besitzt auch ganz dünne Fibrillen (Ranvier, Kromayer, Herxheimer, Unna, Schridde), welche von einer Zelle in die andere durch die Interzellularbrücken hindurchtreten und so alle Zellen der Keimschicht untereinander verbinden. Diese Fasern sind das Produkt einer Protoplasmadifferenzierung und werden von manchen mit Mitochondrien in Zusammenhang gebracht. Ihre Anordnung ist der Ausdruck einer gewissen Anpassung an die Funktion der Epidermis, welche durch sie gegen äußere Gewalteinwirkungen widerstandsfähiger gemacht wird (Schridde). Deshalb belegt M. Heidenhain diese Plasmafibrillen mit dem Namen Widerstandsfibrillen oder Tonofibrillen. Da der Epidermis eigene Blutgefäße fehlen, so besitzen die zwischen den Interzellularbrücken befindlichen Interzellularräume eine wichtige Bedeutung für die Ernährung (siehe Epithelgewebe S. 48). Auf das Stratum spinosum folgt nach außen das Stratum granulosum. Diesen Namen verdankt es dem Gehalt an Keratohyalinkörnern, welche die beginnende Verhornung anzeigen. Es besteht an den meisten Stellen nur aus einer Lage von an beiden Enden stark verdünnten Zellen, so daß sie auf dem Schnitt spindlig erscheinen. Nur da wo die Hornschicht sehr dick ist, also in der Vola manus und Planta pedis können bis 4 Lagen solcher Zellen übereinander liegen. Ihr Kern ist schwer färbbar, arm an Chromatin. Ihr Körper ist dicht gefüllt mit kleinen

Körnchen, die eine große Verwandtschaft zu vielen basischen Farbstoffen zeigen. Diese Keratohyalinkörner (Waldeyer) haben in mikrochemischer Hinsicht gewisse Ähnlichkeit mit dem Fett und sind anisotrop. Über ihre Entstehung herrschen verschiedene Ansichten; die einen leiten sie vom Zellprotoplasma ab, die anderen sprechen sie als Umwandlungsprodukt des zugrunde gehenden Zellkernes an. Die erstere Ansicht scheint nach den neueren Arbeiten von Weidenreich und Apolant wohl das Richtige zu treffen. Das Stratum lucidum zeichnet sich, wie sein Name besagt, durch starken Glanz und durch hochgradige Anisotropie aus. Es besteht aus 2—3 Zellagen, aber die einzelnen Zellen grenzen sich nur unvollkommen gegeneinander ab und bilden eine mehr homogene Masse, in der Kerne nicht mehr zu erkennen sind. Es hat sich hier durch Zusammenfließen der Keratohyalinkörnchen eine Substanz gebildet, die sich vom Keratohyalin in mancher Beziehung unterscheidet und als Eleidin (Ranvier) bezeichnet wird. Das Eleidin ist flüssiger als das Keratohyalin, stärker anisotrop und zeigt eine größere Affinität zu sauren Farbstoffen.

Das Stratum corneum besteht aus mehr oder weniger zahlreichen Schichten flacher Zellen, den Hornzellen, welche nur einen degenerierten Kern enthalten. Er ist in den oberflächlichen Zellen nicht mehr nachweisbar, wohl aber noch die Höhle, in der er lag. Die peripheren Partien der Hornzellen haben sich in Hornsubstanz, Keratin umgewandelt, während das Zellinnere von diesem Prozesse nicht betroffen wird, so daß jede Zelle von einer verhornten Membran umgeben ist und in ihrem Inneren ein nicht verhorntes Netzwerk besitzt. Die Maschen des letzteren enthalten eine fettartige, Osmiumsäure reduzierende Substanz. Ob diese Substanz von den Hornzellen gebildet wird, oder aber Fett ist, welches den Talg- und Schweißdrüsen entstammt und nachträglich die verhornten Zellen imbibiert, ist nicht entschieden. Für die erstere Abstammung spricht die Tatsache, daß bei Vögeln, die doch keine Hautdrüsen besitzen, die Hornschicht dennoch fetthaltig ist. Dadurch, daß benachbarte Zellmembranen miteinander verschmelzen, können anscheinend solide Hornplatten entstehen (Zander, Rabl, Weidenreich). Keratin unterscheidet sich in vielen wesentlichen Punkten, z. B. durch seine Unverdaulichkeit in Magen- und Pankreassaft vom Keratohyalin, und neuere Untersuchungen (Kromayer, Apolant) berechtigen zu der Annahme, daß Keratohyalinbildung und Keratinbildung nichts miteinander zu tun haben, und daß letztere auch sehr wohl ohne erstere erfolgen kann.

Die verhornten Zellen werden fortwährend mit den äußersten Schichten des Stratum corneum abgestoßen, es findet also ein fortwährender Zellverlust an der Oberfläche statt, der durch allmähliches Aufrücken der tieferen Zellagen ausgeglichen wird. Der Ersatz wird

durch Teilung der in den tiefsten Schichten vorhandenen Zellen geschaffen. Dementsprechend finden wir auch immer im Stratum cylindricum und den tieferen Lagen des Stratum spinosum karyokinetische Figuren.

Die Haut der kaukasischen Rasse ist im allgemeinen frei von Pigment; nur an wenigen Stellen erscheint sie durch Pigmenteinlagerungen braun gefärbt, so an der Brustwarze, im Warzenhof, an den großen Schamlippen, am Hodensack und in der Umgebung des Afters. Bei farbigen Rassen findet sich das Pigment einmal innerhalb der Zellen des Stratum cylindricum und Stratum spinosum und zwischen ihnen, dann aber auch in der Lederhaut, und zwar hier innerhalb spindliger oder verästelter Bindegewebszellen. Diesen Melanoblasten scheint eine erhebliche Migrationsfähigkeit inne zu wohnen. Man hat sie bei Tieren in die Epidermis selbst einwandern sehen.

Auch über die Entstehung des Pigmentes sind die Ansichten sehr geteilt. Schwalbe, Rabl, Post lassen das Pigment ausschließlich in den Zellen selbst entstehen (autochthone Pigmentbildung), Nothnagel, Ehrmann, Rosenstadt u. a. nehmen daneben noch eine Bildung von Pigment aus dem Blute an (hämatogene Pigmentbildung). Das Pigment soll nach der letzteren Ansicht von den Melanoblasten aus den Blutgefäßen aufgenommen und nach der Epidermis transportiert werden. Neuerdings ist die erste Ansicht durch Bloch bestätigt worden. Derselbe fand in den Pigment bildenden Zellen der Epidermis ein oxydierendes Ferment (Dopaoxydase), welches in Gegenwart von Sauerstoff Dioxyphenylalanin in einen dunklen Farbstoff verwandelt.

Die Haare.

Die Haare sind fadenförmige Gebilde der Epidermis und mit Ausnahme von der Vola manus, der Planta pedis, dem roten Lippensaum, der Glans penis und dem inneren Blatte des Präputiums über die gesamte Körperoberfläche zerstreut. Sie stehen am dichtesten auf dem Scheitel, bis über 300 auf den Quadratzentimeter, am dünnsten auf dem Handrücken, 10 und mehr auf dem gleichen Flächenraum.

Das Haar ist teilweise in die Haut versenkt, Haarwurzel, teilweise ragt es frei über deren Oberfläche hervor, Haarschaft (Taf. LXXXVII, Fig. 372). Das untere Ende der Haarwurzel, das bei Wollhaaren in der Lederhaut steckt, bei größeren Haaren aber bis ins Unterhautbindegewebe hineinragt, läuft in eine kolbige Verdickung, die Haarzwiebel, aus. Von unten her ausgehöhlt, ragt in sie hinein eine knospenförmige Bindegewebsmasse des Koriums, die Haarpapille.

Nach oben zu läuft der Haarschaft in eine feine Spitze aus. Der Querschnitt ist bei schlichthaarigen Rassen mehr oder weniger vollkommen kreisrund, bei kraushaarigen Rassen dagegen unregelmäßig.

Das eigentliche Haar besteht ausschließlich aus verhornten Epithelzellen, dazu kommen aber noch an der Wurzel besondere, aus Epithelzellen gebildete Scheiden, die Haarwurzelscheiden. Nach außen

bildet sich schließlich um die letzteren herum eine bindegewebige Umhüllung, der Haarbalg. Wir müssen somit an dem Haarganzen Haar, Haarwurzelscheiden und Haarbalg unterscheiden.

Das Haar besteht, von innen nach außen, aus folgenden drei Schichten:

1. aus der Marksubstanz,
2. aus der Rindensubstanz und
3. aus dem Oberhäutchen (Taf. XC, Fig. 378 und 379).

Die Marksubstanz wird durch einen in der Achse des Haares verlaufenden Strang kubischer Zellen gebildet, findet sich aber nur in dickeren Haaren und hier auch nur in der Haarwurzel. Dünne Haare und die Spitzen dicker Haare sind gewöhnlich marklos. Die Markzellen liegen meist einfach übereinander, mehr als zwei Zellen nebeneinander trifft man auf dem Querschnitt nur selten. Zwischen den Zellen sind Luftbläschen bald zahlreicher, bald spärlicher vorhanden.

Die Rindensubstanz bildet die Hauptmasse des Haares und setzt sich zusammen aus spindelförmigen Zellen, die einen deutlichen fibrillären Bau erkennen lassen und einen ovalen Kern enthalten. Dadurch, daß diese spindligen Zellen mit ihrer Längsachse in der Längsrichtung des Haares gelagert sind, erhält das ganze Haar ein längsstreifiges Aussehen. Die Haarfarbe rührt von einem Pigment her, das in Form von feinen Körnchen in den Rindenzellen enthalten ist. In der Nähe der Papille finden sich außerdem noch verästelte Pigmentzellen. Auch zwischen den Rindenzellen können, wie zwischen den Markzellen, in verschiedenem Grade lufthaltige Räume auftreten. Das Ergrauen der Haare beruht erstens auf der Abnahme des Pigmentgehaltes und zweitens auf der Zunahme des Luftgehaltes. Haare, welche ihr Pigment völlig verloren haben, aber nicht lufthaltig sind, sehen grau aus, tritt aber noch eine starke Luftentwicklung im Haarmark hinzu, so wird das Haar blendend weiß.

Nach außen wird das Haar abgeschlossen durch das Oberhäutchen, die Haarkutikula. Sie besteht aus dünnen, durchsichtigen, strukturlosen, rechteckigen, schuppenförmigen Zellen, die sich von oben nach unten dachziegelförmig decken, so daß also die untere Partie jeder Schuppe der Rinde anliegt, während die obere Partie einen Teil der nächstfolgenden Schuppe deckt (Taf. XC, Fig. 378 und Taf. XCI, Fig. 380). Die ganze Dicke der Kutikula wird von 4—6 Schuppen gebildet. Es bietet so die Kutikula am Haarquerschnitt eine konzentrische Schichtung dar, die an die Lagerung der Zwiebelblätter erinnert (Taf. XC, Fig. 378). Im Haarschaft und im oberen Teil der Haarwurzel sind die Zellen kernlos, unten werden sie dicker, saftiger und enthalten einen Kern.

Die Haarwurzelscheiden schließen sich im Bereich der Wurzel nach außen unmittelbar an das Oberhäutchen an. Wir unterscheiden eine innere und eine äußere Wurzelscheide (Taf. LXXXVII, Fig. 372).

Die innere Wurzelscheide (Taf. XC, Fig. 378 und 379) beginnt im oberen Drittel der Haarwurzel und reicht bis zur Papille herunter. Sie läßt drei verschiedene Schichten erkennen. Die innerste Schicht ist die Kutikula der Wurzelscheide, sie grenzt direkt an das Oberhäutchen des Haares und zeigt auch einen ganz ähnlichen Bau wie dieses; sie setzt sich nämlich zusammen aus schuppenförmigen Zellen, die in den unteren Partien kernhaltig, in den oberen kernlos sind. Nach außen folgt auf die Scheidenkutikula die Huxleysche Schicht der inneren Wurzelscheide, bestehend aus einer oder zwei Lagen länglichpolygonaler Zellen, die in den tieferen Teilen der Haarwurzel einen deutlichen Kern, in den oberen Abschnitten dagegen nur Kernrudimente enthalten. Von ihrer Außenfläche laufen zum Teil längs gestellte, leistenartige Fortsätze aus, die zwischen die Zellen der folgenden Schicht eindringen. Diese letztere, die Henlesche Schicht der inneren Wurzelscheide besteht aus einer Lage platter, langgestreckter Zellen, welche ebenfalls in den tieferen Teilen noch kernhaltig sind. In diesen Teilen, also im Bereich der Haarzwiebel, enthalten die Zellen beider Schichten Keratohyalinkörner. Dieselben treten in der Henleschen Schicht am tiefsten auf und sind hier oft zu längs verlaufenden Fibrillen miteinander verbunden. Die Keratohyalinkörnchen verlieren sich aber in der Richtung nach oben, sobald an den Zellen der Verhornungsprozeß einsetzt, womit natürlich auch der Kern schwindet. Das tritt in der Henleschen Schicht beträchtlich früher ein, als in der Huxleyschen, so daß in letzterer auch die Kerne weiter nach oben reichen.

Die äußere Wurzelscheide (Taf. XC, Fig. 378 und 379) ist eine einfache Fortsetzung der Epidermis und zeigt auch innerhalb des oberen Drittels der Haarwurzel alle Schichten derselben. Von der Einmündung der Talgdrüse an jedoch verändert sie sich so, daß ihre Zellen nur noch denen der Keimschicht entsprechen; im untersten Abschnitt der Haarwurzel wird sie nur durch eine einfache Zellschicht gebildet. Das Stratum granulosum überschreitet die Drüsenmündung gewöhnlich um ein kurzes Stück und verliert sich nachher. Die äußere Wurzelscheide trägt unter der Talgdrüse ganz das Gepräge des Stratum germinativum der Haut, setzt sich also zunächst nach außen aus zylindrischen, dann polyedrischen Zellen zusammen, die deutliche Epithelfasern enthalten und relativ weite Interzellularräume zwischen sich lassen. Ihre innerste Schicht ist durch Epithelfasern mit den Zellen der Henleschen Schicht verbunden (Stöhr).

Auch an dem bindegewebigen Haarbalg können wir wieder drei Schichten unterscheiden. An die äußere Wurzelscheide grenzt zunächst die Glashaut (Taf. XC, Fig. 378 und 379, und Taf. XCI, Fig. 380), die manchmal so schwach entwickelt ist, daß man sie kaum erkennen kann. Sie ist strukturlos und erscheint auf ihrer Innenfläche deutlich gerippt. Nach außen folgt eine Schicht zirkulär verlaufender Bindegewebsbündel, denen sich weiterhin längs verlaufende, mit elastischen Fasern vermischte Bündel anschließen.

Was die Entwicklung des Haares anlangt, so gehen alle seine Teile aus einer gemeinsamen Anlage hervor. Gegen Ende des dritten Embryonalmonats finden sich überall in der Haut Wucherungen der Epidermis in das Korium hinein, die zunächst eine einfache Verdickung darstellen, später aber zu langen soliden Zapfen auswachsen (Fig. 381). Jeder solcher Epidermiszapfen stellt einen Haarkeim dar.

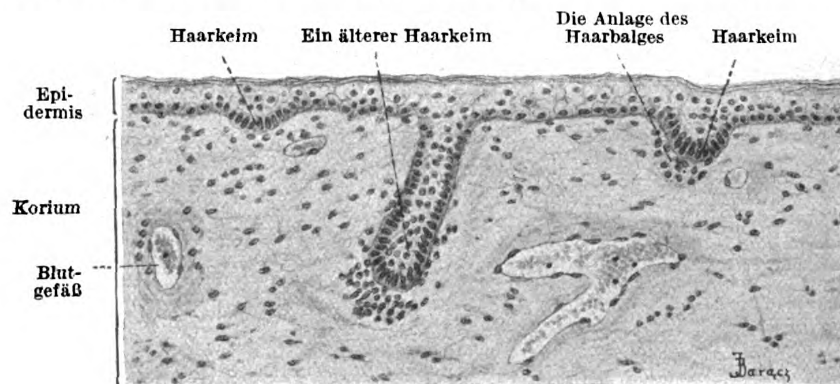


Fig. 381. Senkrechter Schnitt durch die Kopfhaut eines fünfmonatlichen menschlichen Embryos.
Ca. 230mal vergrößert.

Bei seinem weiteren Tiefenwachstum verdickt sich sein Ende, bildet eine Haarzwiebel, und wird von dem nun ebenfalls wuchernden Korium in Form der späteren Haarpapille eingestülpt. Außerdem verdichtet sich das Bindegewebe in der unmittelbaren Umgebung des Haarkeimes und umgibt ihn mit dem bindegewebigen Haarbalg. Nun beginnt innerhalb des Haarkeimes die Differenzierung. Die am meisten axial gelegenen Zellen wandeln sich zum Haar um, die peripheren Zellen bilden die Wurzelscheiden (Fig. 382).

Das Wachstum des Haares und der inneren Wurzelscheide schreitet in der Richtung von der Papille nach der Hautoberfläche vor, während die äußere Wurzelscheide von außen nach innen, d. h. vom Haarbalg gegen die Haarachse wächst; es müssen daher als Matrix der äußeren Wurzelscheide ihre periphersten Zellagen, als Matrix für die innere Wurzelscheide und das Haar dagegen diejenigen Zellen der Haarzwiebel angesehen werden, welche der Papille unmittelbar aufsitzen.

Diese Matrixzellen für das Haar und die innere Wurzelscheide sind einander gleichwertig und noch nicht differenziert. Je höher sie sich hinaufschieben, um so mehr differenzieren sie sich und verhornen, und zwar tritt die Verhornung in den einzelnen Schichten in verschiedener Höhe auf. In der Rindensubstanz und der Cuticula

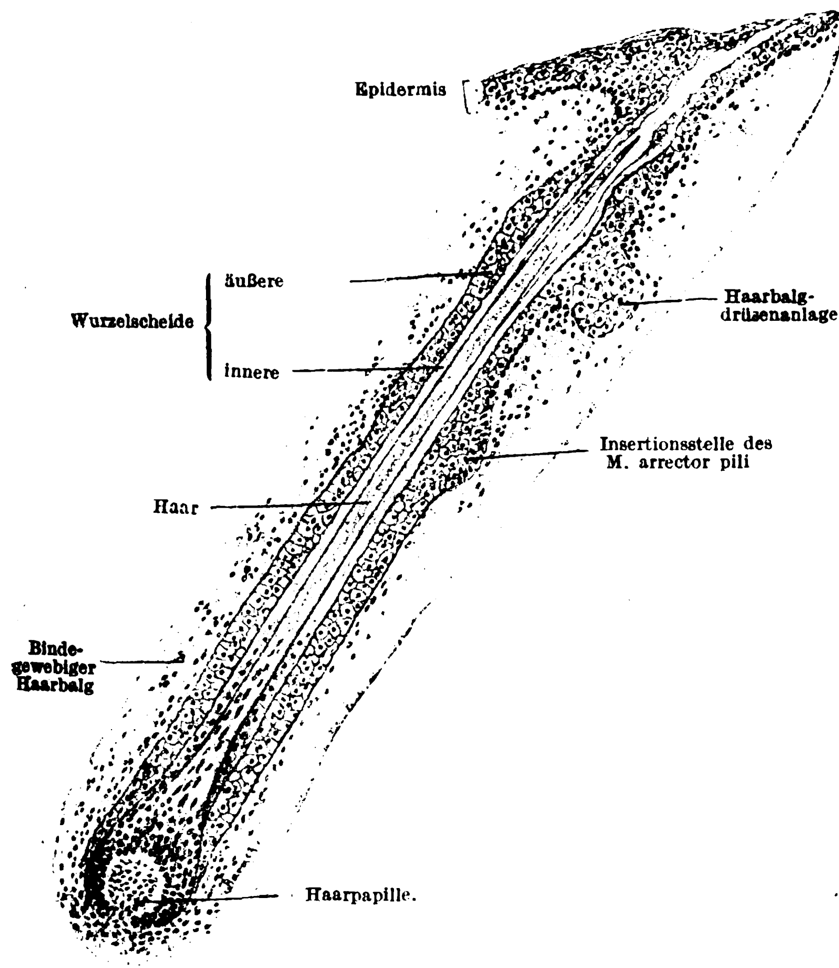


Fig. 382. Aus einem senkrechten Schnitt durch die Kopfhaut eines sechsmonatlichen menschlichen Embryos.
Ca. 150mal vergrößert.

pili kommt es zur Verhornung ohne vorherige Keratohyalinbildung, dagegen kommen Keratohyalinkörner im Marke vereinzelt vor. In der inneren Wurzelscheide treten sie, wie wir sahen, in allen Schichten auf. Die Verhornung schreitet hier, ebenso wie das Wachstum, von unten nach oben fort (Taf. XC, Fig. 379 und Taf. XCI, Fig. 380).

Der Haarwechsel, der beim Menschen fortwährend, beim Tier in bestimmten Intervallen erfolgt, beginnt mit einer Verhornung der

Haarzwiebel. Sie trennt sich von der Papille und fasert sich besenförmig auf. Das nun abgestorbene Haar, das wir als Kolbenhaar (Fig. 383) bezeichnen, entfernt sich immer mehr von seiner Papille. Da die alte Papille atrophiert ist, bildet sich daneben auf einer neuen jungen Papille ein neuer Haarkeim (Stieda), der ein neues Haar — Ersatzhaar — liefert, welches bei seinem weiteren Wachstum allmählich das bereits zum Ausfallen bestimmte Kolbenhaar aus der Haut herausdrängt.

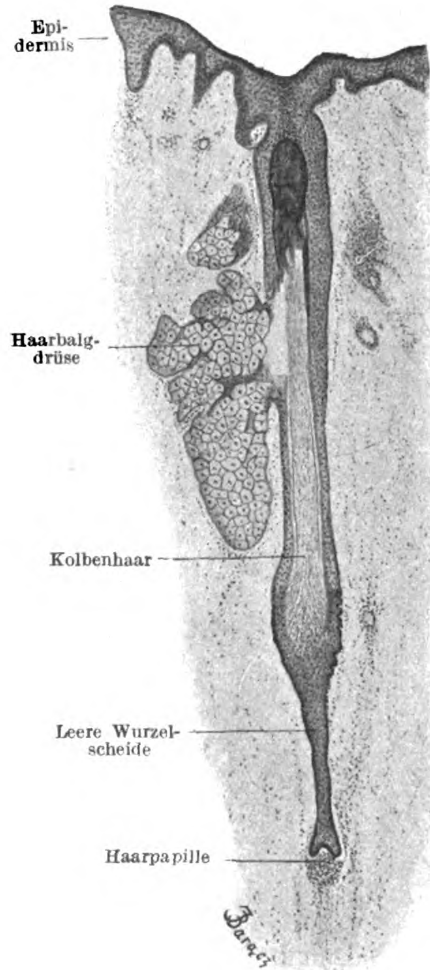


Fig. 383. Aus einem senkrechten Schnitt der Kopfhaut eines erwachsenen Mannes.
In der Mitte ist ein ausfallendes Haar (Kolbenhaar) zu sehen. 43mal vergrößert.

In Verbindung mit dem Haarbalg tritt dann noch ein besonderer glatter Muskel auf, den wir als Arrector pili bezeichnen. Er besteht aus einem Bündel glatter Muskelzellen, dessen Punctum fixum sich im Stratum papillare des Koriums findet. Von hier aus ziehen die Muskeln in schrägem Verlauf in die Tiefe und heften sich am Haarbalg in seiner unteren Hälfte an, und zwar immer an einer bestimmten Seite. Die Haare stecken nämlich nicht gerade in der Haut, senkrecht zur Oberfläche, sondern schräg zu derselben. Der Arrector pili durchquert nun immer in schrägem Verlauf den stumpfen Winkel, den das Haar mit der Hautoberfläche bildet (Taf. LXXXVII, Fig. 372). Wenn sich der Muskel kontrahiert, also verkürzt, wird er einmal das Haar gerade richten, senkrecht zur Oberfläche stellen, dann aber wird er auch die Papille etwas der Oberfläche nähern, das Haar etwas aus seinem Balg hervordrängen, während gleichzeitig die der Hautoberfläche näher gelegene Ursprungsstelle des Muskels durch die Kontraktion etwas eingezogen wird. Das dadurch entstehende eigenartige Hautbild bezeichnen wir als Gänsehaut.

In dem spitzen Winkel zwischen Muskel und Haar liegt aber

auch die Talgdrüse des Haares. Auf sie wird nun der Muskel bei seiner Kontraktion drücken und ihr Sekret entleeren.

Die Blutgefäße bilden im Haarbalg dichte Kapillarschlingen, welche jedoch das Gebiet der Glashaut nicht überschreiten. Auch in die Papille tritt von unten her eine Kapillarschlinge ein.

In den Haaren des Menschen endigen die sensiblen Nerven auf dreierlei Art. Einmal gelangen Nervenfasern, sich teilend und ihre Markscheide verlierend, bis zur Glashaut; hier unterliegen sie gewöhnlich noch einmal der Teilung und erscheinen infolge dessen oft gabelförmig. Diese Terminalfasern ordnen sich dann parallel zur Längsachse des Haares an (Fig. 384). Nach außen von diesen Terminalfasern bilden andere Nervenfasern ringförmig verlaufende Geflechte. In größeren Haaren gelangen manche Nervenfasern bis zur äußeren

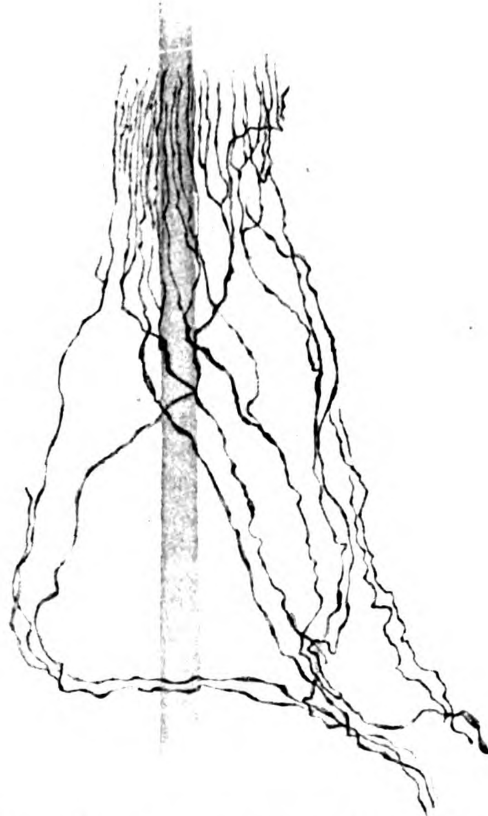


Fig. 384. Nervenendigungen (längs verlaufender Terminalfasern) im menschlichen Haar mit Methylenblau dargestellt.
Ca. 1200mal vergrößert.



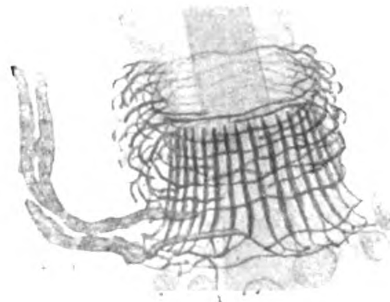


Fig. 385. Fig. 386.
Nervenendigung an einem gewöhnlichen Haar der weißen Maus.
Fig. 385. In der Mitte liegt das Haar. Vergoldet. Ca. 1150mal vergrößert.
Fig. 386. In der Mitte ist das Haar zu sehen. Vergoldet. Ca. 900mal vergrößert.

Wurzelscheide, wo sie in Merkelschen Tastkörperchen endigen. In der Haarpapille trifft man nicht selten feine Nerven, welche den sich dort findenden Blutgefäßen angehören (Szymonowicz).

Bei den Säugetieren verhalten sich die Nervenendigungen in den gewöhnlichen Haaren ähnlich (Fig. 385 u. 386); dagegen sind die sog. Tasthaare der Säugetiere sehr reichlich innerviert. Sie zeichnen sich durch das Vorkommen weiter venöser Sinus in ihrem Haarbalg aus, weshalb man sie auch als Sinushaare bezeichnet. An ihnen endigen die Nerven einmal frei in baumartigen Verästelungen, die der Glashaut aufliegen (Szymonowicz), dann aber dringen andere Fasern auch bis zur äußeren Wurzelscheide vor und enden hier mittelst Tastmenisken, die mit besonderen Tastzellen in Berührung stehen (Merkelsche Tastkörperchen).

Die Nägel.

Der Nagel ist ein Gebilde der Epidermis. Er liegt auf dem zu dem sog. Nagelbett umgewandelten Korium und ist hinten und seitlich von einem von der Haut gebildeten Wall, dem Nagelwall umgeben. Zwischen Nagelbett und Nagelwall findet sich eine Rinne, der Nagelfalz. Der freie, sichtbare Teil des Nagels wird als Nagelkörper bezeichnet im Gegensatz zu der Nagelwurzel, dem hinteren in der Haut steckenden Teil des Nagels (Fig. 387 u. Taf. XCII, Fig. 389).

Das bindegewebige Nagelbett bildet längsverlaufende Leisten, welche in der Richtung von hinten nach vorn von der Mittellinie aus divergieren und nach den Seiten zu verstreichen. Sie werden von hinten nach vorne immer höher (bis zu 0,22 mm) und gehen dann in die Papillen der Lederhaut über.

Der auf dem bindegewebigen Nagelbett aufliegende Nagel besteht aus zwei Lagen, einer tiefen, weichen, der Keimschicht der Epidermis entsprechenden und einer oberflächlichen verhornten, dem Nagel im engeren Sinne (Fig. 388). Die tiefe Lage füllt die Zwischenräume zwischen den Kutisleisten in Form von Epithelleisten aus und bedeckt außerdem ihre Firsten mit mehreren Zellschichten. Sie besteht aus den uns bereits bekannten Stachelzellen und wird nach hinten zu immer mächtiger, wo sie als Matrix unguis bezeichnet wird, da von hier aus das Wachstum des Nagels vor sich geht (Taf. XCII, Fig. 389). Die Matrix bildet den äußerlich sichtbaren weißen Abschnitt des Nagels, die sog. Lunula, die sich in einer nach vorne konvexen Linie von dem übrigen Nagel absetzt. In dieser Matrix finden wir auch im Gegensatz zu den anderen Teilen des Nagels ein wohl entwickeltes Stratum granulosum.

Der eigentliche Nagel besteht aus platten, verhornten Zellen, die noch deutliche Reste von Kernen enthalten. Sie bilden, zu meh-

reren vereinigt, die sich gegenseitig dachziegelförmig deckenden sog. Nagelblätter. Weißlich verfärbte Stellen im Nagel rühren von der Ansammlung von Luftbläschen zwischen diesen Nagelblättern her.

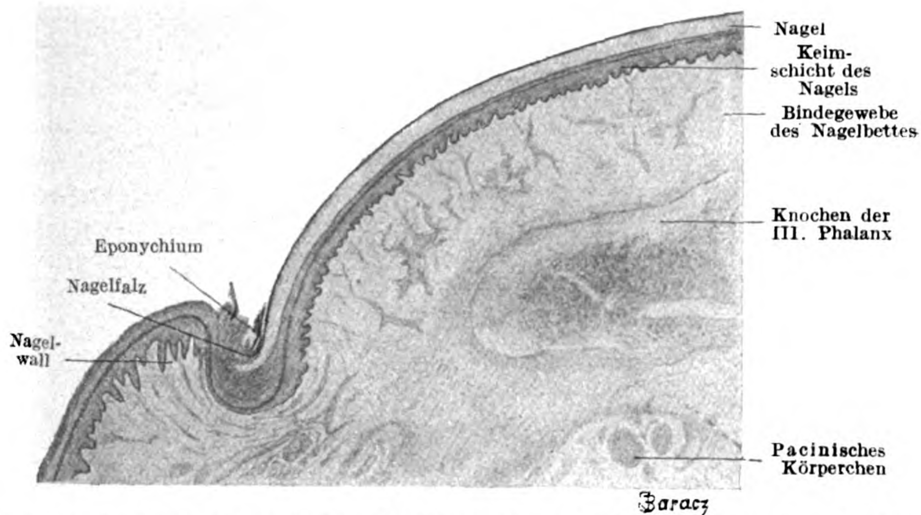


Fig. 387. Stück eines Querschnittes des dritten Fingergliedes eines 16-tägigen Kindes. 22mal vergrößert.

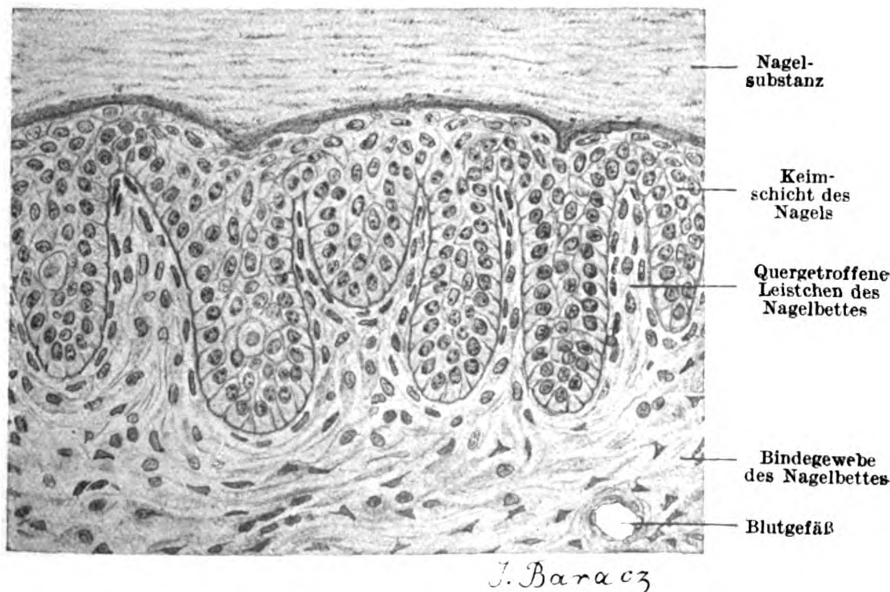


Fig. 388. Querschnitt durch den Nagelkörper. Ca. 280mal vergrößert.

Die Keimschicht des Nagels geht im Nagelfalz in die Keimschicht der Haut des Nagelwalles über. Die letztere ist mit einem Stratum corneum bedeckt, welches als Eponychium auch einen Teil der

Nageloberfläche überzieht (Fig. 387). Unter dem vorderen Rand des Nagels geht seine Keimschicht in die Keimschicht der Fingerbeere über. Auch diese ist an der Übergangsstelle mit einer Hornschicht bedeckt, welche sich als Hyponychium auf die freie Unterfläche des Nagels überschlägt.

Das Wachstum des Nagels erfolgt in der Richtung nach vorn von der Matrix aus, indem ihre Zellen sich vermehren, verhornen und sich in Nagelzellen umwandeln. Da diese Umwandlung an der ganzen hinteren und seitlichen Peripherie der Nagelwurzel stattfindet, so wird der eigentliche Nagel fortwährend vorgeschoben, während die Keimschicht stets an Ort und Stelle verbleibt.

Nach den Untersuchungen von Dogiel versorgen die Nerven die Kutis des Nagelbettes auf folgende Weise:

In dem Stratum papillare des Nagelbettes sind nur uneingekapselte Nervenknäuel und intrapapilläre Netze vorhanden; in der oberflächlichen und tiefen Kutisschicht des Nagelbettes sind sehr zahlreiche baumförmige Endverzweigungen, einzelne uneingekapselte Knäuel und modifizierte Vater-Pacinische Körperchen gelagert; in den Epithelleisten sind nur die intraepithelialen Endverzweigungen vorhanden.

Vitali findet in der Kutis des Nagelbettes auch andere Nervenendigungen der Haut.

Die Drüsen der Haut.

Die Talgdrüsen.

Die Talgdrüsen, Glandulae sebaceae, sind fast über die ganze Körperoberfläche zerstreut. Da ihr Vorkommen fast immer an die Anwesenheit von Haarbälgen gebunden ist, bezeichnet man sie auch als Haarbalgdrüsen. Nur ausnahmsweise finden wir sie an unbehaarten Stellen, so am roten Lippenrand, in der Haut der kleinen Schamlippen, in der Eichel und der Vorhaut. Dagegen fehlen sie vollkommen in der Vola manus und der Planta pedis.

Es sind dies immer typische alveoläre Drüsen, und zwar entweder alveoläre Einzeldrüsen oder verzweigt alveoläre Drüsen. Im großen und ganzen bilden sie birnförmige oder kolbige Drüsenkörper von sehr verschiedener Ausdehnung, von 0,2—2,2 mm Länge. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Größe der Drüse im umgekehrten Verhältnis zur Dicke des Haares steht, dem sie angehört (Bonnet). Dünnere Wollhärchen, wie wir sie in der Haut der Ohrmuschel und in der Nasenhaut finden, haben die größten Talgdrüsen. Mit der Dichtigkeit des Haarwuchses nimmt Zahl und Größe der Talgdrüsen ab (Hofmann).

Jede Drüse ist umgeben von einer bindegewebigen Hülle, welche vom Haarbalg oder der Lederhaut abstammt (Fig. 390). Die Drüsenzellen stellen nichts anderes als gewuchertes Epithel der äußeren Wurzelscheide resp. da wo sie nicht mit Haaren zusammen vorkommen, gewucherte Epidermis dar. Im Ausführungsgang bewahren die Zellen noch ihren unveränderten Epidermiszellencharakter, verlieren ihn aber allmählich, indem sie in den zentraleren Partien gewisse Veränderungen erleiden. Nur die äußerste Zellreihe erhält sich unverändert. Die Veränderungen, welche die Zellen erleiden, treten in besonders ausgesprochener Form, an den am meisten zentral gelegenen Zellen auf und nehmen nach der Peripherie zu allmählich ab. Sie bestehen in einer Ansammlung von Fetttröpfchen im Zellkörper; zunächst finden sich deren nur wenige, hernach immer zahlreichere, so daß endlich, wenn man das Fett durch geeignete Lösungsmittel auszieht, das Zellprotoplasma von zahllosen feinen Vakuolen durchsetzt erscheint. Hand in Hand mit dieser Fettansammlung im Zellkörper gehen am Kern Veränderungen regressiver Natur vor sich. Die Kerne schrumpfen, werden zackig und gehen schließlich zugrunde. Im Zentrum der Alveole findet dann der Zerfall dieser fetterfüllten Zellen statt und schließlich werden Fett und Zelltrümmer zusammen als Sekret, sog. Hauttalg, ausgestoßen; letzterer ist eine ölige, leicht erstarrende Flüssigkeit, die nach neueren Untersuchungen (Röhmann und Linser) eigentliche Fette nur in ganz verschwindender Menge enthält. Der Ersatz der bei dieser Art von Sekretion fortwährend zugrunde gehenden Zellen wird durch Wucherung der peripheren Zellen geschaffen. So trifft man denn auch in den peripheren Zellschichten stets zahlreiche Kern- und Zellteilungen an. Die Drüsen-

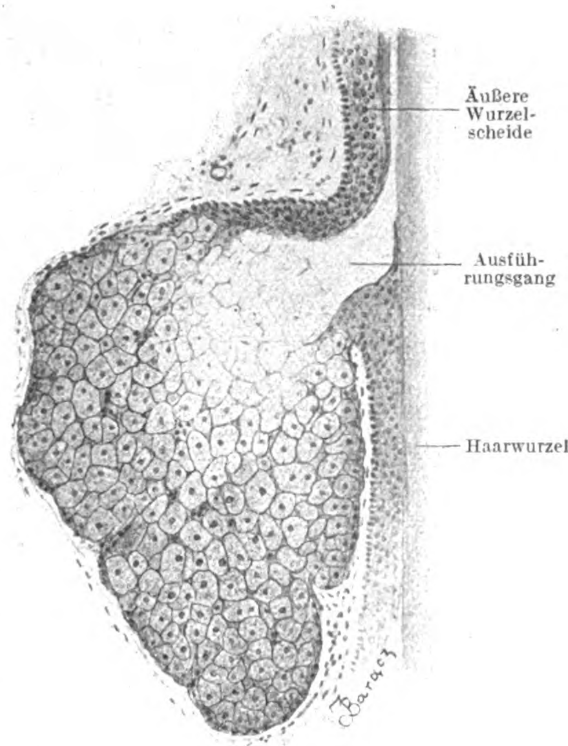


Fig. 390. Talgdrüse aus der Kopfhaut des Menschen.
Ca. 120mal vergrößert.

zellen besitzen Mitochondrien, denen eine bedeutungsvolle Rolle bei der Sekretbildung zugesprochen wird.

Nur ein geringer Teil der in das Zentrum gelangenden Zellen, unterliegt nicht dieser Fettmetamorphose, sondern vielmehr einer Verhornung. Diese Zellen durchziehen dann vorübergehend in Form von unregelmäßigen Trabekeln das Innere der Alveole und werden zuletzt als verhornte Elemente nach außen ausgestoßen.

Die Schweißdrüsen.

Die Schweißdrüsen, Glandulae sudoriparae, sind ebenfalls über die gesamte Körperoberfläche zerstreut. Frei von ihnen sind nur der rote Lippensaum, die Innenfläche der Vorhaut und die Eichel. Ihre Zahl ist an den verschiedenen Körperstellen eine sehr ungleiche; sehr dicht stehen sie z. B. in der Vola manus, wo über 1000 auf den Quadratzentimeter kommen.

Es sind meist einfache langgestreckte Schläuche, deren unteres Ende sich vielfach aufwindet und knäuelt. Daher bezeichnet man sie auch als Knäueldrüsen (Taf. LXXXVII, Fig. 373). Nur an gewissen Stellen, wie in der Zirkumanalhaut und in der Haut der Achselhöhle, finden sich auch verzweigte Schweißdrüsen.

Wir können an jeder Drüse einen unteren sezernierenden, aufgeknäuelten Abschnitt und einen oberen gestreckt verlaufenden, ausführenden Abschnitt unterscheiden. Der Knäuel liegt an der Grenze zwischen Korium und Unterhautbindegewebe oder dringt mehr oder weniger tief in letzteres hinein. Hier hat der Tubulus einen größeren Durchmesser und auch ein weiteres Lumen als im ausführenden Abschnitt.

Auch am Ausführungsgang lassen sich wieder zwei Abschnitte unterscheiden. Der tiefere Abschnitt durchsetzt in leichter Schlängelung die Lederhaut und erreicht schließlich zwischen zwei Koriumpapillen den Grund der zwischen die Papillen eindringenden Epidermis. Damit tritt er dann in seinen zweiten Abschnitt ein, in dem er zum Unterschied vom ersten Abschnitt keine eigene Wand mehr besitzt, sondern als spiraliges Rohr zwischen den Epidermiszellen zur Hautoberfläche steigt. Seine rundliche Öffnung an der Oberfläche des Stratum corneum wird als Schweißpore bezeichnet.

Im sezernierenden, geknäuelten Abschnitt (Fig. 391) besteht die Wand des Tubulus zunächst nach innen aus einer einfachen Lage kubischer Zellen mit feinkörnigem Protoplasma, welches häufig kleine Fetttröpfchen und Körnchen braunen Pigments umschließt. Die Körnelung ist in der tätigen Drüse ausgesprochener als in der ruhenden. Diese Sekretkörnchen sind basophil und dürfen als durch Umwandlung von Mitochondrien entstanden betrachtet werden (Nicolas, Regaud und Favre). Zwischen den Zellen und auch innerhalb der-

selben finden sich Sekretkapillaren. Auch ist von Zimmermann ein stabförmiges Zentralkörperchen in der Schweißdrüsenzelle nachgewiesen worden. Die freie Fläche der Zellen trägt einen schmalen Kutikularsaum. Nach außen folgt auf diese kubischen Zellen eine Lage spindelförmiger glatter Muskelzellen, welche in langgezogenen Spiraltouren den Tubulus umkleiden. Schließlich wird der Tubulus durch eine strukturlose Basalmembran von elastischer Natur abgeschlossen, der noch eine dünne Bindegewebshülle folgt.

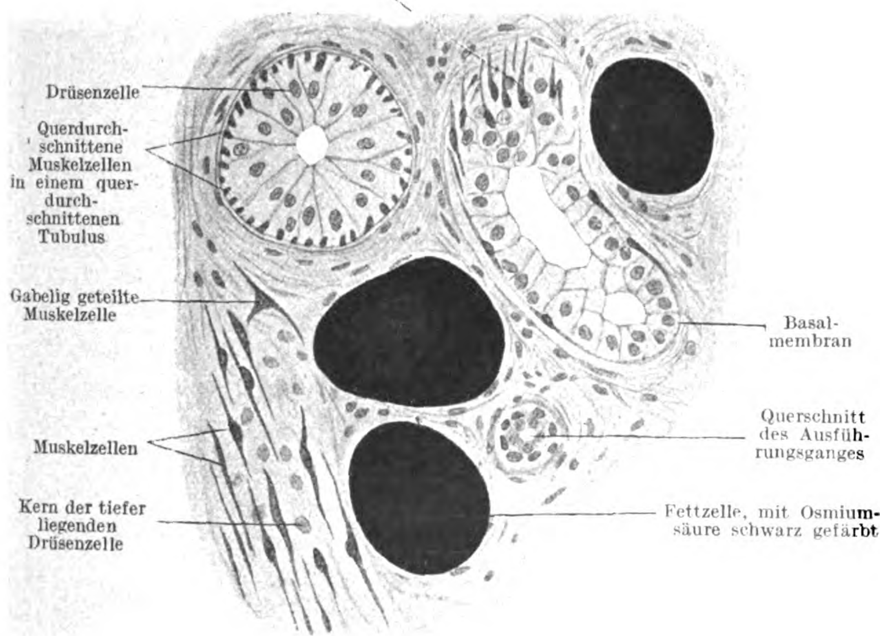


Fig. 391. Einige Schweißdrüsenschläuche aus der Haut der Fingerbeere des Menschen. Ca. 350mal vergrößert.

In dem in der Lederhaut verlaufenden ersten Abschnitt des Ausführungsganges tritt an Stelle der glatten Muskelzellen eine Lage niederer Epithelzellen (sog. epitheloider Zellen), so daß wir also hier ein zweischichtiges Epithel haben, dem außen Basalmembran und Bindegewebshülle anliegen. Im zweiten Abschnitt, kurz nach Eintritt des Ausführungsganges in die Epidermis, verlieren sich jedoch dessen Epithelzellen vollkommen, so daß er nun wandlos wird. Sein Lumen wird jetzt von den Epidermiszellen begrenzt, die sich um das Lumen konzentrisch aneinander legen. Das Stratum granulosum begleitet gewöhnlich den Gang ein Stückchen weit nach unten bis in die Keimschicht hinein (Fig. 373, 376).

Die Schweißdrüsen sind reichlich mit Nerven versorgt. Marklose Fasern bilden ein dichtes Flechtwerk auf der Membrana propria, von dem aus feine Fädchen durch die Basalmembran in die Wand des Tubulus selbst eindringen und zwischen den Epithelzellen mit feinen Knöpfchen enden.

Gefäße und Nerven der Haut.

Die aus den tieferen Partien der Haut zur Oberfläche aufsteigenden Arterien anastomosieren vielfach miteinander und bilden so ein in den tieferen Schichten der Lederhaut gelegenes Gefäßnetz. das kutane Netz, das sich parallel zur Oberfläche ausbreitet (Taf. XCIII, Fig. 392). Von ihm aus zweigen sich einmal Äste rückwärts ab, die um die Fettläppchen des Unterhautbindegewebes herum ein außerordentlich dichtes Netz bilden und die Schweißdrüsenknäuel umspinnen. Andere Ästchen wenden sich nach der Oberfläche hin und bilden an der unteren Grenze des Stratum papillare ein zweites Netz, das subpapilläre Netz. Von ihm zweigen die präkapillaren Arterien ab, dringen in die Koriumpapillen ein und zerfallen hier in Kapillarschlingen. Die austretenden Venen verlaufen meist ähnlich wie die Arterien und bilden vier parallel zur Oberfläche entwickelte Netze. Das oberflächlichste liegt am Grunde der Papillen, das zweite entspricht ungefähr dem subpapillären Netz der Arterien, während das dritte in der Mitte des Koriums und das tiefste schließlich an der Grenze zwischen Korium und Unterhautbindegewebe zu liegen kommt.

Die Lymphgefäße bilden ein feineres und ein dichteres Flächennetz im Stratum papillare. Von ihm zweigen sich nach oben Schlingen in die Papillen ab, nach unten treten dagegen dickere Gefäße aus ihm hervor und bilden im Unterhautbindegewebe ein zweites gröberes Netz.

Mit Nerven ist die Haut an vielen Stellen außerordentlich reich versorgt, z. B. in der Vola manus, der Planta pedis, den äußeren Genitalien usw. Hier besitzt sie auch besondere Nervenendigungen, die sie zum Tastorgan stempeln. In der Epidermis finden wir freie intraepitheliale Nervenendigungen und Merkelsche Tastkörperchen, in den Papillen Meißnersche Tastkörperchen und Endkolben, im subkutanen Gewebe schließlich Vater-Pacinische, Ruffinische und andere Endkörperchen (siehe Nervenendigungen).

Die Milchdrüse.

Die Milchdrüse, Mamma, ist eine Hautdrüse, welche bei beiden Geschlechtern in gleicher Weise angelegt wird und bis zum Beginn der Geschlechtsreife sich auch in gleichem Maße entwickelt. Ihre epitheliale Anlage läßt sich schon in früher Embryonalzeit in Form

einer Epidermisleiste, der Milchleiste, nachweisen. Sie zerfällt bald in einzelne hintereinander gelegene Anlagen, von denen jedoch beim Menschen normalerweise jederseits nur eine einzige erhalten und weitergebildet wird. Kolbenförmig in das Korium vordringend, treibt sie in der zweiten Hälfte der Fetalzeit zunächst solide, später hohl werdende Sprossen. Gegen das Ende der Schwangerschaft höhlt sich auch der Kolben selbst aus, erweitert sich, flacht sich ab und erhebt sich dann zur Brustwarze, auf der nun die Milchgänge einzeln ausmünden und an ihrem proximalen Ende mit blasigen Ausstülpungen besetzt sind. In dieser Form ist die Milchdrüse zur Zeit der Geburt bei beiden Geschlechtern gleichmäßig ausgebildet. Während sie dann beim männlichen Geschlecht im Kindesalter zurückgebildet wird, entwickelt sie sich beim Mädchen durch Bildung neuer Milchgänge weiter. Zur Zeit der Pubertät wird die ganze weibliche Brust durch reichliche Einlagerung von Fett größer und mehr prominent. Erst während der Schwangerschaft kommt es dann zu einer intensiven Weiterentwicklung des Drüsengewebes, indem sich die Milchgänge vielfach teilen und an ihren Enden neue Endstücke treiben.

Den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreicht die Mamma beim weiblichen Geschlecht am Ende der Schwangerschaft und beginnt auch bald nach der Geburt zu funktionieren, indem sie in das Stadium der Laktation tritt. Diese Laktationsperiode währt bei Tieren im allgemeinen so lange, bis das Junge seiner natürlichen Nahrung, der Milch, nicht mehr bedarf; so produziert z. B. bei Hund und Katze die Milchdrüse nur 4—6 Wochen lang Milch, dann erlischt die Sekretion. Durch rationelle Züchtung ist es aber gelungen, bei unseren Haustieren Rinderrassen zu erzielen, bei denen die Milchsekretion beim gutgenährten und vollkräftigen Tier überhaupt nie ganz erlischt. Beim Menschen erlischt die Sekretion gewöhnlich nach 7 bis 9 Monaten, kann aber unter Umständen auch jahrelang im Gang bleiben. Mit jeder neuen Geburt setzt auch immer eine neue Laktationsperiode ein. Es ist somit die Milchdrüsentätigkeit im hohen Grade vom Geschlechtsleben abhängig.

Die funktionierende Milchdrüse besteht aus 15—20 kegelförmigen Lappen, Lobi, die so gelagert sind, daß sie mit ihren Spitzen sich in der Brustwarze vereinigen. Jeder Lobus besteht wieder aus zahlreichen kleineren, aus einer größeren Anzahl von Endstücken zusammengesetzten Läppchen, Lobuli. Letztere sitzen als alveoläre Ausbuchtungen am Ende eines jeden der kleineren Ausführungsgänge und fließen mit ihren Nachbarn zu größeren Ausführungsgängen zusammen. Sämtliche Ausführungsgänge eines Lobus vereinigen sich zu einem Milchgang. Er besitzt, kurz bevor er auf der Brustwarze mündet, eine kleine Erweiterung, das Milchsäckchen, Sinus lactiferus. Es finden sich auf der Brustwarze, eben so viele Mündungen

der Milchgänge, Pori lactiferi, als Lobi vorhanden sind, so daß also eigentlich jeder Lobus eine zusammengesetzte alveoläre Drüse für sich ist. Die einzelnen Lobi werden durch ein außerordentlich fettreiches Bindegewebe miteinander vereinigt.

Außerhalb der Laktationsperiode sind die Alveolen der Milchdrüse klein und mit einem einschichtigen niedrigen kubischen Epithel ausgekleidet. Tritt Schwangerschaft ein, so kommt es in deren zweiten Hälfte allmählich zu einer Vergrößerung der Alveolen, die Zellen werden hoch kubisch und erscheinen mit zahlreichen feinen Körnchen

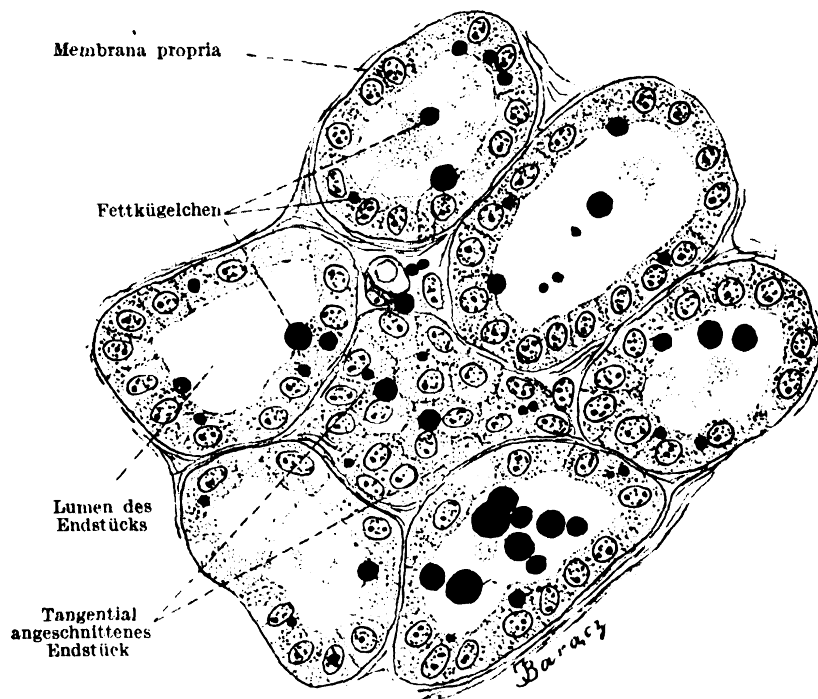


Fig. 393. Aus einem Schnitt durch die Milchdrüse eines Meerschweinchens während der Milchabsonderung.
Ca. 500mal vergrößert.

und Fetttröpfchen durchsetzt. Die Drüse tritt in das Stadium der Kolostrumbildung ein. Das Kolostrum ist eine gelbliche, eiweißreiche Flüssigkeit, die sich von der Milch durch höheres spezifisches Gewicht und höheren Eiweißgehalt, vor allem aber durch den Gehalt an Kolostrumkörperchen auszeichnet. Wir müssen diese als fettbeladene Leukozyten auffassen, welche durch das Epithel hindurch in das Lumen der Alveolen austreten. Dafür spricht das Vorkommen von zahllosen Leukozyten während dieser Periode in der nächsten Umgebung der Alveolen. Direkt beobachtet worden ist das Durchwandern allerdings wohl noch nicht.

Nach der Geburt werden die Epithelzellen nun beträchtlich höher, sie wachsen zu hohen Zylinderzellen aus, deren Ende oft mit kolbiger Verdickung ins Lumen der Alveole hineinragt. Der ganze Zellkörper ist von Fetttröpfchen durchsetzt (Fig. 393), die besonders im inneren, kolbigen Teil der Zelle zu dicken Tropfen zusammenfließen. Es kann auch vorkommen, daß die ganze Zelle zu einer einzigen Fettmasse wird, doch gehört das zu den Ausnahmefällen.

Der gesamte Sekretionsprozeß der Milchdrüse kann nach Limon in 3 Stadien eingeteilt werden: 1. das Stadium der Sekretion, 2. das der Exkretion und 3. das der Rekonstitution der Zelle.

Im ersten Stadium vergrößert sich die Zelle und besitzt gewöhnlich zwei Kerne. Sie enthält in ihrer basalen Partie zahlreiche basophile ergastoplasmatische Filamente, in der apikalen, feinkörnigen Partie aber kleine Fetttröpfchen, die auf Kosten der Körnchen unter Mitwirkung der Basalfilamente gebildet werden. Der Kern nimmt ebenfalls an der sekretorischen Tätigkeit teil (Szabô, Limon); er zeigt nämlich eine beträchtliche Zunahme an Chromatin, welches in das Zytoplasma abgegeben wird (Brouha). Während der Exkretion kann der eine der beiden Kerne in das Lumen der Alveole ausgestoßen werden, wo er zerfällt und seine Bestandteile in die Milch übergehen; überdies unterliegt manchmal auch noch der zweite Kern einer Fettumwandlung und wird dann ausgestoßen. Die nach dem Exkretionsstadium beobachteten mitotischen und amitotischen Teilungen dienen zum Ersatz der verloren gegangenen Kerne. Die Exkretion geschieht nach der Ansicht gewisser Forscher so, daß die Fetttropfen einfach vom Protoplasma ausgestoßen werden, ohne daß es zu einem Zerfall des Zellkörpers selbst käme (Langer, Benda, Unger, v. Ebner, Brouha), nach anderen dagegen kommt es direkt zu einer Abstoßung des mit großen Fetttropfen gefüllten Teils des Zelleibes in das Lumen, so daß der innere Abschnitt des Zelleibes zugrunde geht und dann vom äußeren, kernhaltigen Abschnitt her wieder regeneriert wird (R. Heidenhain, Partsch, Limon). In der Milchdrüse scheint die Exkretion in beiderlei Weise vor sich zu gehen. Nach erfolgter Exkretion kehrt die Zelle zu dem Zustande zurück, der den Ausgangspunkt unserer Ausführungen bildete.

Nach Untersuchungen von Hoven sind Mitochondrien bei der Bildung der Sekretionsprodukte tätig. Anfänglich enthalten die Zellen zahlreiche fadenförmige Chondriosomen und einzelne Mitochondrienkörner. Mit fortschreitender Sekretion nehmen die Zellen an Umfang zu und die Chondriomiten zerfallen in Granulationen, die sich in Sekretkörnchen umwandeln und teilweise in Fetttröpfchen übergehen. Im Lumen der Alveole quellen sie und lösen sich auf. Nach Beendigung des Sekretionsprozesses wird die Zelle platter und enthält wieder Mitochondrienstäbchen und -fäden.

Das durch diesen Prozeß gelieferte Sekret, die Milch, ist eine alkalische Flüssigkeit, welche 1—2% Eiweiß, 3—4% Fett, 5% Zucker und 0,6‰ Lezithin enthält. Die Kuhmilch unterscheidet sich von der Frauenmilch im wesentlichen durch höheren Eiweiß- und geringeren Zuckergehalt. Die Milch stellt eine Emulsion sehr kleiner Fetttröpfchen dar, deren Durchmesser zwischen 1 und 5 μ schwankt. Jedes derselben ist mit einer Eiweiß-(Kasein-)membran umgeben, welche das Zusammenfließen der einzelnen Tröpfchen verhindert.

Die Alveolen werden äußerlich von einer strukturlosen Membrana propria umgeben, der nach innen zu verästelte, anastomosierende, sog. Korbzellen aufliegen. Das interstitielle Bindegewebe erfährt mit der beginnenden Laktation eine deutliche Abnahme, so daß es zwischen den sekretgefüllten Alveolen kaum zu erkennen ist. Es enthält nur wenige Leukozyten und eosinophile Zellen. Nach der Laktation tritt gleichzeitig mit der Rückbildung des Drüsengewebes auch das interstitielle Gewebe wieder bedeutend stärker in die Erscheinung.

Die Ausführungsgänge sind mit Zylinderzellen in einfacher Schicht ausgekleidet. In den Milchgängen findet sich das gleiche Epithel und macht erst jenseits des Milchsäckchens einem geschichteten Plattenepithel Platz. Zwischen dem Epithel und der Membr. propria, die sich von den Alveolen auch auf die Ausführungsgänge fortsetzt, liegt, als Fortsetzung der Korbzellen des Alveolus, eine Schicht platter Zellen. Nach außen folgt auf die Membr. propria eine Schicht zirkulär verlaufender, mit elastischen Fasern untermischter Bindegewebsbündel.

Die Haut der Brustwarze und des Warzenhofes ist stark pigmentiert; die Lederhaut bildet hohe Papillen und enthält im Stratum papillare zahlreiche glatte Muskelfasern, welche sich zum Teil ringförmig um die Pori lactiferi herum anordnen, zum Teil dagegen längs der Brustwarze verlaufen. In der Haut des Warzenhofes finden sich zahlreiche starke Schweißdrüsen und außerdem ungefähr 12 große Talgdrüsen, die sog. Montgomeryschen Drüsen, die während der Schwangerschaft gleich der Milchdrüse eine Vergrößerung erfahren.

Die Blutgefäße bilden ein dichtes Kapillarnetz um die Alveolen und Ausführungsgänge herum. Lymphgefäße finden sich in Form kapillärer Spalten zwischen den Alveolen und in der Form von Netzen, ebenso wie in der Haut der Brustwarze und des Warzenhofes.

Die Nerven sind teils Gefäßnerven, teils Drüsennerven, teils sensible Nerven. Die Drüsennerven verhalten sich ganz ähnlich wie die der Speicheldrüsen. Sie umspinnen die Alveolen und enden zwischen und an deren Epithelzellen. Sensible Nervenendigungen finden sich in der Haut der Brustwarze, aber auch in der Umgebung der größeren Milchgänge und enden im ersten Falle in Form der Meißnerschen und Pacinischen Körperchen und im zweiten mit Krauseschen Endkolben.

Was die morphologische Auffassung der Milchdrüse und ihre Stellung zu den übrigen Hautdrüsen anlangt, so wird sie von den Forschern überwiegend als eine sehr stark entwickelte Talgdrüse aufgefaßt, andere dagegen sehen in ihr eine vergrößerte Schweißdrüse.

2. Das Sehorgan.

Den Hauptbestandteil des Sehorgans bildet der in der knöchernen Orbita gelegene Augapfel, Bulbus oculi; er enthält die lichtperzipierenden Elemente und steht durch den Sehnerven, N. opticus, mit dem Gehirn in Verbindung. Zu diesem Hauptteil kommen dann noch zahlreiche akzessorische, teils zur Bewegung, teils in engerem oder weiteren Sinne zum Schutze des Augapfels bestimmte Gebilde hinzu. Dem ersteren Zwecke dienen die sechs Augenmuskeln; als Schutzorgane des Augapfels wären zu betrachten die Lider, die Konjunktiva und der Tränenapparat.

Der Augapfel.

Der Augapfel stellt eine Hohlkugel dar, an welcher wir einen vorderen und einen hinteren Abschnitt unterscheiden können; der letztere ist beträchtlich größer als der erstere. Der hintere Abschnitt des Augapfels hat annähernd die Form einer Kugel, welcher vorne ein kalottenförmiges Segment weggeschnitten ist. An Stelle dieses Segments tritt der vordere Abschnitt, der wie ein stärker gewölbtes Uhrglas den hinteren Abschnitt nach vorne zu abschließt. Man kann sich also den Bulbus durch Vereinigung von zwei Hohlkugelsegmenten entstanden denken, einem hinteren größeren mit größerem Krümmungsradius, einem vorderen kleineren mit kleinerem Krümmungsradius.

An dem Augapfel müssen wir die Wand und den von ihr umschlossenen Inhalt unterscheiden. Die Wand des Augapfels setzt sich aus drei Häuten zusammen:

1. Tunica externa seu fibrosa. Sie bildet die äußerste Haut des Bulbus. Im hinteren Abschnitte ist sie derb, undurchsichtig, im vorderen Abschnitte, dessen Wand sie ausschließlich bildet, ist sie dagegen durchsichtig. Die erstere bezeichnen wir als Lederhaut oder Sklera, die letztere als Hornhaut oder Kornea.

2. Tunica media seu vasculosa. Sie liegt im hinteren Bulbusabschnitt überall der Sklera eng an und wird hier als Chorioidea bezeichnet. Nach vorne zu erleidet sie eine beträchtliche Verdickung durch Einlagerung muskulöser Elemente und bildet das, die vordere Zirkumferenz des hinteren Bulbusabschnittes umkreisende Corpus ciliare. Vom letzteren aus schiebt sich dann zwischen den vorderen und hinteren Bulbusabschnitt die Iris, eine scheibenförmige Blende

mit zentraler Öffnung, welche die durch den vorderen in den hinteren Bulbusabschnitt eintretenden Lichtstrahlen teilweise abzublenden vermag. Ferner ragen noch vom Corpus ciliare in das Innere des Bulbus zahlreiche meridional verlaufende, von hinten nach vorne allmählich höher werdende, dann wieder verstreichende Falten, die Processus ciliares hinein.

3. Tunica interna seu Retina. Sie ist die innerste der Bulbusschichten und lagert sich überall dicht der Chorioidea auf. In den hinteren Bulbusabschnitten am stärksten entwickelt, verdünnt sie sich nach vorne zu allmählich, und wird dann plötzlich zu einer dünnen Epithelschicht, welche die Innenfläche des Corpus ciliare sowie die der Ziliarfortsätze und schließlich noch die Hinterfläche der Iris auskleidet. Sie endet am Pupillarrand.

Den Inhalt des Augapfels bildet im hinteren Abschnitte der Glaskörper, das Corpus vitreum, eine gallertartige Masse, im vorderen Abschnitte dagegen das Kammerwasser, Humor aqueus, eine schwach eiweiß- und salzhaltige Flüssigkeit. Das Corpus vitreum ist eine Gallertkugel, welche da, wo sie sich der hinteren Fläche der Iris nähert, eine linsenförmige Vertiefung, Fossa hyaloidea, zeigt, in welcher die Kristallinse, Lens crystallina, gelegen ist. Die zentralen Partien der Linsenvorderfläche sehen durch die Pupille hindurch in den vorderen Augenabschnitt, die peripheren Partien werden durch die Iris bedeckt.

Den Hohlraum des vorderen Bulbusabschnittes, der von der Hinterfläche der Kornea, der Vorderfläche der Iris und den zentralen Partien der Linse begrenzt wird, bezeichnen wir als vordere Kammer, Camera anterior. In offener Verbindung steht mit ihr die hintere Kammer, Camera posterior, ein im Meridionalschnitte ungefähr dreieckiger Raum, der von der hinteren Irisfläche, den peripheren Partien der vorderen Linsenfläche und dem Ziliarkörper mit den Ziliarfortsätzen begrenzt wird.

Tunica externa.

An der Tunica externa kann man, wie wir früher gesehen haben, zwei morphologisch und physikalisch wesentlich voneinander verschiedene Teile unterscheiden. Der bei weitem größere, ungefähr drei Viertel der Bulbusoberfläche ausmachende hintere Teil wird von der undurchsichtigen Sklera gebildet; sie geht vorne im Skleralfalz in den durchsichtigen vorderen Teil, die Kornea, über. Beide zeigen, gewisser grundlegender Übereinstimmungen im Bauplan ungeachtet, doch so große Strukturunterschiede, daß sie gesondert besprochen werden sollen.

Die Sklera.

Die Sklera ist eine außerordentlich feste, derbe, bindegewebige Haut, welcher der Augapfel im wesentlichen seinen Halt verdankt. Nach vorne zu geht sie im Skleralfalz kontinuierlich in die Grundsubstanz der Kornea über, hinten setzt sie sich an der Eintrittsstelle des Sehnerven in die Duralscheide des letzteren fort, so daß man sagen kann, der Sehnerv tritt durch ein Loch der Sklera in den Bulbus ein.

Die Farbe der Sklera schwankt zwischen einem bläulichen Weiß bei Kindern, einem gelblichen Weiß bei alten Personen und einem Grauweiß bei Erwachsenen. Ihre Dicke ist am beträchtlichsten in der Umgebung des Sehnerven, 1,2 mm, nach vorne zu wird sie allmählich dünner, um im Äquator auf 0,3 mm zu fallen. Noch weiter nach vorne zu verursachen dann die in sie einstrahlenden Sehnen der Augenmuskeln wieder eine Verdickung bis auf 0,6 mm.

Die Hauptmasse der Sklera bilden starke Bindegewebsbündel, die in vielen Schichten übereinander liegen und sich vielfach kreuzen. In bezug auf die Richtung, welche diese Bündel nehmen, kann man einmal solche von meridionalem und dann solche von äquatorialem Verlaufe unterscheiden. Die ersteren bilden die überwiegende Mehrzahl. Daneben kommen auch noch die Sklera schief durchsetzende Bündel vor.

Außer den Bindegewebsbündeln finden sich auch noch feinere und gröbere elastische Fasern, welche eine ähnliche Verlaufsrichtung wie jene aufweisen. Am reichlichsten trifft man sie in den innersten Schichten.

Die die Sklera zusammensetzenden Bindegewebsbündel lassen zwischen sich ein weit verzweigtes Netz miteinander kommunizierender Spalten, das Saftlückensystem der Sklera, offen. In ihm liegen sternförmige Zellen, deren lange Ausläufer mit denen benachbarter Zellen kommunizieren, so daß ein die ganze Sklera durchsetzendes Netzwerk protoplasmatischer Substanz entsteht. Nach innen, d. h. nach der Chorioidea zu liegen diese Zellen dichter gedrängt, die zwischen ihnen gelegenen Bindegewebsbündel sind schmächtiger und stark mit elastischen Fasern vermischt. Die Zellen zeigen in größerem oder geringerem Grade Pigmenteinlagerungen. So entsteht eine die Sklera gegen die Chorioidea abschließende pigmentierte Schicht, welche als Lamina fusca sclerae oder Lamina suprachorioidea bezeichnet wird.

Sowohl nach außen gegen den sog. Tenonschen Raum hin, als nach innen gegen die Chorioidea hin ist die Sklera abgeschlossen durch eine einschichtige Lage platter, epithelartiger Zellen, welche sich den Bindegewebsbündeln der Lamina fusca resp. denen der äußersten Schichten eng anschmiegen. Ihre Grenzen lassen sich durch Versilberung der Sklera leicht nachweisen.

Die Nerven der Sklera stammen von den Nn. ciliares, die bei ihrem Durchtritt durch die Sklera feine, markhaltige, in allen Schichten der Sklera endigende Zweige an sie abgeben. Insbesondere ist der vordere Skleraabschnitt reich mit Nerven versorgt, indem letztere hier einen ringförmigen Nervenplexus bilden. Die sensiblen Nerven enden hier frei mit Endknöpfchen, Endkeulen, pinsel- und netzförmigen Endigungen, platten Terminalverdickungen, Endplättchen und Endbüschelchen. Die vasomotorischen Fasern versorgen die Gefäße der Sklera. In der Bahn der letzteren Fasern finden sich innerhalb der Sklera auch Ganglienzellen (Agababow, Eleonskaja).

Die Blutgefäße der Sklera stammen von den Aa. ciliares anteriores und posteriores longae. Sie bilden ein in den äußersten Skleralschichten gelegenes Gefäßnetz, das besonders im vordersten, dem Skleralfalz benachbarten Teil stark ausgebildet ist.

Die Kornea.

Die Hornhaut bildet den vorderen Teil der Tunica externa, der dank seiner Durchsichtigkeit den Lichtstrahlen den Eintritt in das Bulbusinnere ermöglicht. Ihre Substanz setzt sich aus zwei genetisch verschiedenen Anteilen zusammen. Der eine, die Hornhaut nach außen abschließende Teil stammt vom Ektoderm und schlägt sich als mehrschichtiges Epithel von der Conjunctiva bulbi auf die Vorderfläche der Hornhaut über. Der andere Teil ist mesodermaler Abkunft, bildet die Hauptmasse der Hornhaut und geht nach hinten zu kontinuierlich in die Sklera über; dieser Übergang findet für die vorderen Hornhautschichten früher statt als für die hinteren (Skleralfalz oder Kornealfalz).

Die Dicke der Hornhaut beträgt im Scheitel 0,8 mm, im Skleralfalz dagegen 1,1 mm. Es laufen also vordere und hintere Hornhautfläche nicht genau parallel zueinander.

Von vorne nach hinten vorgehend, unterscheiden wir fünf verschiedene Schichten an der Hornhaut (Taf. XCIV, Fig. 394):

1. das vordere Hornhautepithel (Hornhautepithel),
2. die Lamina elastica anterior (Bowmansche Membran),
3. die Substantia propria corneae,
4. die Lamina elastica posterior (Descemetsche Membran),
5. das hintere Hornhautepithel (Hornhautendothel).

Von diesen fünf Schichten stammt nur die erste vom Ektoderm ab, alle anderen sind mesodermaler Herkunft.

1. Das vordere Epithel der Hornhaut ist ein geschichtetes Plattenepithel, das beim Menschen aus fünf verschiedenen Schichten von Zellen besteht. Bei den Säugetieren findet sich gewöhnlich eine größere Anzahl von Zellagen, so bei Hund und Katze 7—8, beim

Schaf 10, beim Pferd sogar 13; bei Amphibien dagegen ist die Zahl der Zellschichten geringer als beim Menschen, so hat der Frosch nur 3, der Salamander nur 2 Zellagen.

Die Dicke des Epithels beträgt beim Menschen 0,05—0,1 mm; am Hornhautscheitel ist es gewöhnich dünner, als in der Nähe des Skleralfalzes von Ebner).

Das vordere Epithel der Hornhaut ist der Typus eines geschichteten Plattenepithels und läßt drei verschiedene Arten von Zellen erkennen: zylindrische basale, polygonale mittlere und flache oberflächliche Zellen. Die basalen Zellen sind beim Menschen ziemlich hoch zylindrisch und stehen in einfacher Reihe dicht nebeneinander. Mit breiter Basis ruhen sie auf der Lamina elastica anterior, ihr oberes Ende ist immer abgerundet. Während in den äußeren Abschnitten die Körper der benachbarten Zellen sich dicht aneinanderschmiegen, bleiben in den basalen Teilen feine Spalten und Lücken zwischen den benachbarten Zellen. Diese Lücken werden von spärlichen protoplasmatischen Brücken, Plasmodesmen durchsetzt, welche benachbarte Zellen miteinander verbinden. Der Kern der Zylinderzellen liegt niemals im basalen Abschnitt, sondern entweder in der Mitte oder seltener im Kopfteil der Zelle. So entsteht im Epithel eine basale, kernlose, protoplasmatische Zone.

Die mittleren Zellen des Hornhautepithels liegen in zwei Schichten übereinander, von denen die tiefere Schicht aus polygonalen, die oberflächlichere aus etwas mehr abgeplatteten Zellen besteht. Im Querschnitt der Kornea erscheinen die Zellen nach außen hin abgerundet, nach innen zu senden sie flügel- oder leistenförmige Fortsätze zwischen die Kuppen der Basalzellen. Die Zellkörper sind dicht aneinander geschlossen ohne trennende Lücken. Die Kerne sind rundlich oder oval.

Die Oberflächenzellen liegen gleichfalls in zwei Lagen übereinander, jedoch handelt es sich hier um ausgesprochen abgeplattete Zellen, flache mit Einbuchtungen und Buckeln versehene Platten. Der ovale Kern buchtet in der oberflächlichsten Zellschicht den Zellkörper nicht selten nach innen zu vor. Sie schließen so eng und streng aneinander, daß die Hornhaut nach außen völlig glatt konturiert erscheint.

Im vorderen Hornhautepithel finden sich gar nicht selten auch beim erwachsenen Menschen Zellteilungsbilder. Sie sind hauptsächlich auf die basalen Zellen beschränkt, doch sollen sie sich vereinzelt auch in den mittleren Schichten finden. Auch Leukozyten können von den tieferen Hornhautschichten her in das vordere Epithel auswandern, man trifft sie besonders in den früher beschriebenen Spalten zwischen den Basalzellen.

2. Die Lamina elastica anterior oder Bowmansche Membran hat mit dem elastischen Gewebe absolut nichts zu tun und

ist schließlich nichts anderes als eine verdichtete und schärfer abgesetzte Partie der Substantia propria. Sie findet sich beim Menschen zumeist in einer Dicke von 0,02 mm, doch durchaus nicht immer konstant. Beim Neugeborenen ist sie meist stärker entwickelt als beim Erwachsenen (Taf. XCIV, Fig. 394). Unter den Säugern ist sie in guter Ausbildung nur bei den Affen zu finden. Es ist eine homogene Membran, welche sich durch Mazerationsmittel in Fasern zerlegen läßt. Nach außen ist sie mit sehr feinen Zacken und Zähnchen besetzt, auf welchen die basalen Zellen des vorderen Epithels mit ihrer Fußfläche aufsitzen. An der Hornhautperipherie endet die Bowmansche Membran mit abgerundeter Kante kurz vor dem Übergang des Kornealepithels in das Konjunktivalepithel.

3. Die Substantia propria bildet die weitaus größte Masse der Hornhaut und macht ungefähr $^9/_{10}$ des Gesamtquerschnittes aus. Es ist dies eine dicke bindegewebige, aus zahllosen Bindegewebsfasern zusammengesetzte Membran; letztere sind wieder miteinander zu im wesentlichen parallel der Hornhautoberfläche verlaufenden Platten vereinigt. Zwischen den Fasern finden sich große weitverzweigte Zellen, deren Ausläufer miteinander in Verbindung stehen und so ein die ganze Substantia propria durchsetzendes protoplasmatisches Netzwerk bilden.

Das wichtigste, die Hornhautgrundsubstanz konstituierende Element sind die Hornhautfasern, mäßig dicke, rundliche oder mehr platte Bindegewebsfasern. Sie liegen sehr dicht gedrängt aneinander und vereinigen sich mit ihren Nachbarn zu übereinander gelegenen Bindegewebsplatten. Über die Zahl der letzteren in der Hornhaut schwanken die Angaben zwischen 60 und 600. In den mittleren und hinteren Schichten der Hornhaut verlaufen die Platten am regelmäßigsten, parallel zur Oberfläche, so jedoch, daß innerhalb jeder einzelnen Platte die Fasern alle möglichen verschiedenen Richtungen einhalten. Dabei finden Übergänge der Fasern der einen Platte in die Substanz der anderen statt, so daß an diesen Stellen der lamelläre Charakter etwas verwischt wird. In den vorderen Schichten durchkreuzen sich die Fasern und Faserbündel, und zwar derart, daß aus den tieferen Schichten Bündel schräg nach vorne zu dringen und sich mit der Bowmanschen Membran verbinden (Fibrae arciformes, Rollett) und andererseits Bündel der vorderen Schichten schräg nach hinten vordrängen.

Ob die einzelnen Fasern in den Bündeln und Platten und die einzelnen Platten wieder untereinander durch eine besondere Kittsubstanz verlötet sind oder ob sie ohne Kittsubstanz nur dicht aneinander liegen, ist zur Zeit noch eine strittige Frage.

Zwischen den Bindegewebsfasern finden sich dann auch elastische,

im allgemeinen sehr spärliche Fasern, die beim Menschen nur in den hintersten Schichten etwas zahlreicher auftreten.

Einen weiteren wichtigen Bestandteil der Substantia propria bilden dann die fixen Hornhautzellen, die sogen. Hornhautkörperchen (Fig. 395). Von ihnen erkennt man in unseren mit den gewöhnlichen Kern- und Protoplasmafarbstoffen gefärbten Präparaten nur die Kerne, die als ovoide Körperchen in großer Zahl den Bindegewebsbündeln anliegen. Vergoldet man jedoch die Präparate in geeigneter Weise, so erkennt man, daß zu jedem dieser Kerne ein Zellkörper gehört, dessen Größe im allgemeinen von den vorderen nach den hinteren Hornhautschichten hin zunimmt. Die platten, flachen, membranartigen Zellen schicken nach allen Seiten hin lange Ausläufer, deren gröbere wieder im rechten Winkel feinere aussenden. Durch Vereinigung der gröberen Ausläufer kann sich an der Peripherie der Zelle eine Zone von gefenstertem, durchlöchertem Plasma ausbilden. Die Ausläufer, die beim Frosch sich als breite Platten aus der Zelloberfläche erheben, anastomosieren mit denen benachbarter Zellen, so daß ein zusammenhängendes, die ganze Dicke der Substantia propria durchdringendes Protoplasmanetzwerk entsteht. Ob es sich dabei um ein wirkliches Synzytium handelt (Éloui) oder ob die Fortsätze der einzelnen Zellen nur mit einer besonderen Kittsubstanz verlötet sind (Hoyer), ist noch eine offene Frage. Zentralkörperchen sind in den Zellen durch Ballowitz nachgewiesen worden.

Die Zellen liegen zwischen den Lamellen in besonderen Lücken, Höhlen, die begrenzt werden durch die Substanz jener Lamellen selbst, dann aber vielleicht auch noch durch eine besondere, die einzelnen Lamellen miteinander verkittende Zwischensubstanz. Es bildet sich so, entsprechend dem Protoplasmanetzwerk der Zellen, ein System von weiteren und engeren Hohlräumen innerhalb der Substantia propria, das wir als das Saftlückensystem der Hornhaut bezeichnen. Diese Saftlücken lassen sich leicht durch Versilberung der Hornhaut zur Ansicht bringen. Es färben sich dann die Hornhautfasern samt der Zwischensubstanz dunkelbraun, während die Saftlücken und die in ihnen gelegenen Zellen ungefärbt bleiben, so daß das Silberbild das Negativ des Goldbildes darstellt (Fig. 396 u. 397).

Nach der von Recklinghausen zuerst aufgestellten Saftlückenlehre durchziehen nun die Zellen mit ihren Fortsätzen dieses Lückensystem, doch füllen sie es nicht vollständig aus, so daß zwischen Zellprotoplasma und Lückenwand überall ein Zwischenraum bleibt, in dem die Lymphe zirkulieren kann, eine für die gefäßlose Hornhaut bedeutsame Einrichtung. Diese Saftlückenlehre, die eine offene Verbindung der Lymphgefäße mit den Saftlücken annahm, hat

zahlreiche Anhänger (Schweigger-Seidel, Arnold, Waldeyer u. a. m.), aber auch zahlreiche Gegner (His, Engelmann, Leber u. a. m.) gefunden und steht auch heute noch zur Diskussion. Der schwerwiegendste Gegengrund ist der, daß es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Lymphgefäße der Sklera von dem Saftlückensystem der Hornhaut aus zu injizieren.

Außer diesen Hornhautkörperchen oder fixen Hornhautzellen trifft man nun auch in der Substantia propria, wie überall im Bindegewebe, stets zahlreiche Wanderzellen, die man in ihrer Bewegung z. B. in der Froschkornea, außerordentlich schön beobachten kann.

Im Greisenalter lagert sich in den peripheren Bezirken der Substantia propria, sowohl in den Bindegewebsbündeln als auch in den Hornhautkörperchen Fett in Form kleiner Tröpfchen ab. So entsteht ein die Hornhautperipherie umkreisender trüber Ring, das Gerontoxon, der Greisenbogen.

4. Die Membrana Descemeti oder Lamina elastica posterior stellt, wie die Bowmansche Membran, einen Teil der Substantia propria dar. Sie erscheint als meist vollkommen strukturlose Membran, ist im Scheitel der Hornhaut am dünnsten (6—7 μ) und nimmt nach der Peripherie zu allmählich bis auf 10—12 μ zu. Sie ist in allen Fällen, im Gegensatz zur Bowmanschen Membran, gut entwickelt (Taf. XCIV, Fig. 394). Außerordentlich resistent und fest, widersteht sie der Einwirkung von Säuren und Alkalien, wird durch kochendes Wasser nicht gelöst, dagegen durch Trypsin verdaut. Sie zeigt auch färberisch eine gewisse Übereinstimmung mit dem elastischen Gewebe. Durch manche Mazerationsmittel läßt sie sich in mehrere Lamellen aufblättern.

5. Das hintere Epithel der Hornhaut oder Hornhautendothel bildet eine Schicht niedriger, fast platter Zellen von polygonalem Grundriß. Die Zellen sind so niedrig, daß ihr Kontur von dem Kern nach der vorderen Kammer zu vorgebuckelt wird. Sie gehören zu den sog. Stachelzellen, wie wir sie im Stratum spinosum der Epidermis angetroffen haben. Ihre peripheren Protoplasmapartien enthalten Fasern, die aus einer Zelle in die andere eindringen und dabei den die Zellen trennenden Zwischenraum durchsetzen. Ballowitz hat bei der Katze in diesen Zellen zwei von einer mächtigen Sphäre umgebene Zentralkörperchen beschrieben. Auch nadelförmige Kristalloide sollen hier im Zellkörper anzutreffen sein. Sie sollen aus dem Kammerwasser auskristallisieren und auch erforderlichen Falles wieder in Lösung übergehen, so daß die Epithelzellen in dieser Weise den Eiweißgehalt des Kammerwassers immer auf der gleichen Höhe halten.

Die Nerven der Hornhaut entstammen den Nn. ciliares und bilden mit ihren Kornealzweigen ein im Skleralfalz gelegenes Geflecht,

Kornea. 449

den Plexus annularis. Von ihm dringen etwa 60 nun marklos gewordene Stämmchen in die tieferen Schichten der Substantia propria in Form kleiner, zierlicher, sich rasch verästelnder und ver-

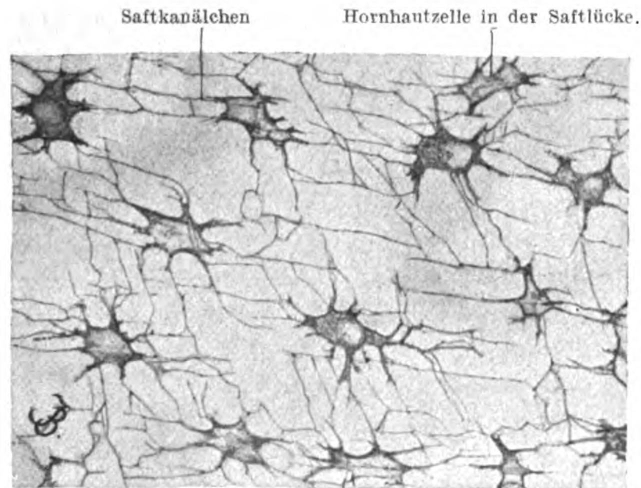


Fig. 395. Aus einem Flächenschnitte der Kornea des Ochsen.

Positives, mittelst der Vergoldung dargestelltes Bild des Kanalsystems. Ca. 450mal vergrößert.

zweigender Bäumchen ein. Durch Anastomosierung der Zweige kommt in den tiefen Schichten der Substantia propria ein Nervenplexus, der Grundplexus, zustande. Von ihm trennen sich feine Ästchen, durchbohren die vordere Basalmembran (Rami perfo-

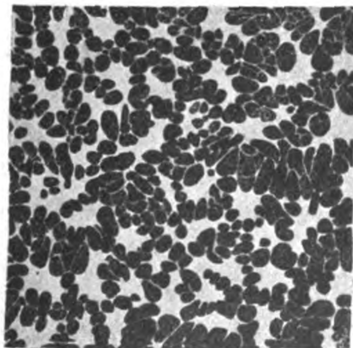


Fig. 396.

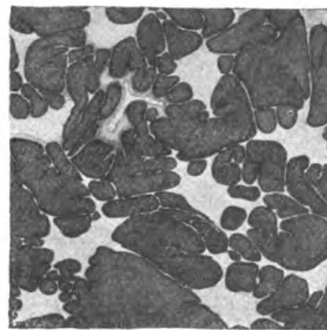


Fig. 397.

Aus Flächenschnitten der Kornea des Ochsen.

Negatives Silberbild, Kanalsystem hell.

Fig. 396 ca. 100mal vergrößert; Fig. 397 ca. 260mal vergrößert.

rantes) und zerfallen in zahlreiche feinste Zweige, durch deren Verbindung der außerordentlich dichte, zwischen Epithel und Bowmanscher Membran liegende, subepitheliale Plexus zustande kommt.

Die aus ihm senkrecht ins Epithel tretenden Fäserchen teilen sich meist im Epithel noch ein- oder zweimal und enden mit feinen Knöpfchen frei zwischen den Zellen, indem sie fast bis zu den äußersten Lagen derselben gelangen. Außer diesen für das Epithel bestimmten Fasern zweigen sich von den den Grundplexus bildenden Nervenstämmchen noch Fasern ab, die in den oberflächlichen Schichten der Substantia propria den subbasalen Plexus und tiefer zwischen den Hornhautlamellen mehrere feine Nervengeflechte bilden und im Hornhautrande teils frei mittelst verbreiteter Enden (Endplättchen), teils mittelst Knäuel enden, wie sie auch in großer Anzahl in der Konjunktiva zu finden sind (Dogiel). Jede Nervenfaser bzw. jedes Nervenstämmchen ist innerhalb der Propria der Hornhaut von einer Lymphscheide umgeben.

Die Tunica media.

Wir wollen von der mittleren Augenhaut zunächst die hinteren Abschnitte, die Chorioidea, beschreiben und dann zur Betrachtung der vorderen Abschnitte, des Corpus ciliare mit den Processus ciliares und der Iris übergehen.

a) Die Chorioidea.

Die Chorioidea ist eine bindegewebige, durch ihren Reichtum an Gefäßen ausgezeichnete Haut und im allgemeinen mit der Sklera nur locker vermittelst der auch häufig zur Chorioidea selbst gerechneten Lamina fusca verbunden, nur am Sehnerveneintritt und in der Gegend der Macula lutea ist die Verbindung zwischen Chorioidea und Sklera eine festere. Wir können in ihr drei Schichten unterscheiden, die aber nicht scharf voneinander getrennt sind, sondern allmählich ineinander übergehen (Fig. 398); es sind dies von außen nach innen:

1. die Chorioidea propria, Chorioidea im engeren Sinne,
2. die Choriokapillaris und
3. die Lamina basalis.

1. Die Chorioidea propria, auch als Lamina vasculosa Halleri bezeichnet, enthält die gröberen Gefäße, die sich hier derart verzweigen, daß die Stämme nach außen, Äste und Zweige weiter nach innen liegen. Es werden also sowohl die Arterien, als auch die Venen in der Chorioidea nach innen zu immer feiner. Die Gefäße liegen innerhalb eines durch seinen Reichtum an elastischen Fasern und verästelten Pigmentzellen ausgezeichneten Bindegewebes. Die Bindegewebsbündel lagern sich zur Bildung zahlreicher Lamellen zusammen, die elastischen, meist recht feinen Fasern, bilden ausgedehnte Netze. Von den Gefäßen sind die größeren Venen, besonders die später zu

besprechenden Vv. vorticosae, von besonderen bindegewebigen, mit einem zusammenhängenden platten Epithel ausgekleideten Lymphscheiden umgeben.

Bei vielen Tieren, z. B. bei den meisten Haustieren, mit Ausnahme des Schweines, folgt auf die Chorioidea propria nach innen eine eigenartige, bis zu 0,4 mm dicke Schicht, die wir als Tapetum bezeichnen. Sie besteht entweder (bei Wiederkäuern und Einhufern) aus dichtgelagerten Bindegewebsfasern mit eingestreuten, platten Fibroblasten oder (bei Raubtieren) aus großen, platten, polygonalen Zellen, die in mehrfacher Schicht übereinanderliegen und zahlreiche, farblose Kristalle enthalten. Da über dem Tapetum das Retinalpigment fehlt, so bewirkt diese Kristallschicht eine Reflexion vieler

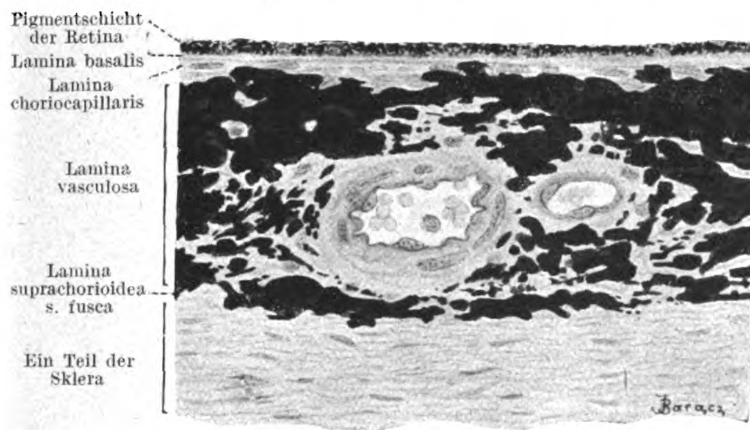


Fig. 398. Senkrechter Schnitt durch die Chorioidea und einen Teil der Sklera eines Affen.

Ca. 440mal vergrößert.

der ins Auge fallenden Lichtstrahlen und ist der Grund des Augenleuchtens dieser Tiere.

2. Die Choriokapillaris enthält die zu den Gefäßen der Chorioidea propria gehörigen Kapillaren und ist gegen diese durch eine zusammenhängende Schicht von Zellen, das Stratum subcapillare (Sattler), abgegrenzt. Diese Kapillaren liegen innerhalb einer strukturlosen, homogenen Grundsubstanz und dienen zur Ernährung der äußeren, gefäßlosen Retinaschichten.

3. Die Lamina basalis, eine nur etwa 2 μ dicke Membran, besteht aus einer inneren homogenen Lage und einer äußeren, aus feinsten elastischen Netzen zusammengesetzten Schicht (Smirnow). Diese äußere Lamelle wird auch als Stratum supracapillare bezeichnet. Die Lamina basalis grenzt an das Pigmentepithel der Netzhaut.

b) Das Corpus ciliare.

Das Corpus ciliare erstreckt sich in Form eines Ringes von der Ora serrata bis zur Wurzel der Iris und stellt auf dem Meridionalschnitt eine ungefähr dreieckige Verdickung und Fortsetzung der Chorioidea dar. Zunächst folgt von hinten nach vorne auf die Chorioidea der Orbiculus ciliaris, eine verdickte Chorioidea, die der Choriokapillaris entbehrt, dann die Corona ciliaris. Sie besteht aus der Grundplatte sowie aus den sich aus ihr erhebenden Processus ciliares und erstreckt sich nach vorne bis zur Iriswurzel. Nach außen liegt dem Orbiculus ciliaris sowohl, als auch der Grundplatte, der sich allmählich von hinten nach vorn verdickende M. ciliaris auf, der die Hauptmasse des Ziliarkörpers ausmacht. Mit seiner Besprechung wollen wir nun beginnen (Taf. XCV, Fig. 399).

Der M. ciliaris grenzt sich gegen die Sklera zu durch eine fast immer deutlich entwickelte Lamina fusca ab. Er besteht beim Menschen so wie bei allen Säugetieren ausschließlich aus glatten, 50 bis 75 μ langen Muskelzellen, die in der ganzen Dicke des Ziliarkörpers einen dreifachen Verlauf zeigen. Die äußersten Zellen entspringen zwischen den Gefäßen der Chorioidea propria im Anfangsgebiet des Orbiculus ciliaris und ziehen parallel zur Bulbusoberfläche unter der Lamina fusca nach vorne, um sich dann an der Korneoskleralgrenze im Gebiet des Skleralwulstes zu inserieren. Wir bezeichnen diese Bündel als meridionale Portion oder M. tensor chorioideae (Brücke). Weiter nach dem Bulbusinnern zu nehmen die Muskelbündel einen mehr bogigen Verlauf, und zwar so, daß sie von der Gegend des Iriswinkels und der Iriswurzel, ihrer Insertionsstelle, nach der inneren Oberfläche des Ziliarkörpers fächerförmig ausstrahlen. Wir bezeichnen diesen Teil als radiäre Portion des Ziliarmuskels. In dem inneren, in das Bulbusinnere etwas vorspringenden Winkel des Ziliarkörpers treffen wir dann noch auf eine Gruppe von Muskelbündeln, welche im Meridionalschnitt quergetroffen erscheinen, also im Bulbus einen zirkulären, äquatorialen Verlauf nehmen, einen Muskelring bilden; wir bezeichnen diese Portion als äquatoriale Portion oder als Müllerschen Muskel.

Die Wirkung des Ziliarmuskels besteht darin, daß es bei seiner Zusammenziehung zu einer Erschlaffung der (später zu besprechenden) Zonula ciliaris, des Aufhängebandes der Linse kommt; während dieses in der Ruhe einen stetigen Zug auf die Linse ausübt und dadurch eine Abplattung der Linse verursacht, läßt dieser Zug bei Kontraktion des Ziliarmuskels nach, die Zonula erschlafft und die Linse kann wieder in ihre stärker gewölbte Ruheform zurückkehren. Den ganzen Vorgang bezeichnen wir als Akkommodation.

Die Grundplatte des Ziliarkörpers, die sich nach innen dem Ziliarmuskel anschließt, besteht aus fibrillärem Bindegewebe mit

zahlreichen Pigmentzellen, nach innen folgt die verdickte Lamina basalis der Chorioidea und dann ein zweischichtiges Epithel, die Pars ciliaris retinae, eine direkte Fortsetzung der inneren Augenhaut auf den Ziliarkörper.

Aus der Grundplatte erheben sich die Processus ciliares, die Ziliarfortsätze Sie bilden, von innen gesehen, einen Kranz von ungefähr 70 meridional verlaufenden, dünnen, nach vorn konvergierenden Falten. Jede Falte erhebt sich in der Gegend des Orbiculus ciliaris allmählich aus der Grundplatte und steigt nach vorne zu bis zu einer Höhe von 1 mm an, um dann wieder gegen die Iriswurzel abzufallen. Auf diesem Wege trägt jede Falte wieder zahlreiche sekundäre Erhebungen und erreicht eine Länge von 2—3 mm. Wahrscheinlich berühren die Firsten der in die hintere Kammer hineinragenden Ziliarfortsätze die Linsenkapsel selbst nicht, wenigstens nicht beim Menschen. Bei unseren Haustieren scheint dies jedoch allgemein der Fall zu sein. Über den Bau der Ziliarfortsätze ist wenig zu sagen. Auch sie zeichnen sich durch ihren Reichtum an Gefäßen aus und bestehen, wie die Grundplatte, aus fibrillärem Bindegewebe mit Pigmentzellen. Nach innen wird das Bindegewebe wieder durch eine verdickte Lamina basalis abgegrenzt, der die zweischichtige Pars ciliaris retinae als Epithel aufsitzt.

Die physiologische Bedeutung der Ziliarfortsätze besteht darin, daß von ihnen das Kammerwasser in die hintere Kammer abgesondert wird.

c) Die Iris.

Die Regenbogenhaut, Iris, stellt den vordersten Abschnitt der mittleren Augenhaut dar und ist als eine direkte Fortsetzung der Grundplatte des Ziliarkörpers anzusehen. Mit der Sklera oder, besser gesagt, der Korneoskleralgrenze und mit den vorderen Abschnitten des Ziliarkörpers geht die Iris eine recht komplizierte Verbindung ein. In diesem sog. Iriswinkel erheben sich aus den peripheren Zonen der Irisvorderfläche zahlreiche bindegewebige Fortsätze, die gegen die Korneoskleralgrenze hinziehen, hier die Membrana Descemeti durchbrechen und dann, sich rückwärts wendend, zum sog. Skleralwulst gelangen. Diese Fortsätze bezeichnet man als Irisfortsätze oder in ihrer Gesamtheit auch als Lig. pectinatum iridis; sie sind mit platten Zellen bekleidet und werden nach hinten zu immer dünner, immer ärmer an kollagenen Fasern. Die Fortsätze verzweigen sich und anastomosieren miteinander; auf diese Weise kommt ein Maschenwerk zustande, das den Iriswinkel, den sog. Fontanaschen Raum ausfüllt. Dieser Raum ist, wie wir später erörtern wollen, für die Flüssigkeitsabfuhr im Auge von größter Bedeutung.

In der Iris können wir eine schmale innere, die Pupille umkreisende Pupillarzone und eine äußere 3—4 mal so breite Ziliarzone unter-

scheiden. Die letztere ist in der äußeren Peripherie am dünnsten, ihre Dicke steigt allmählich bis zur Grenze gegen die Pupillarzone an, welch letztere dann wieder zum Pupillarrand langsam abfällt. Die Dicke der Iris ist natürlich in hohem Grade von der Pupillenweite abhängig.

Wir können an der Iris, von vorne nach hinten fortschreitend, folgende Schichten unterscheiden:

1. das vordere Epithel,
2. die vordere Grenzschicht,
3. das Stroma (die Gefäßschicht) der Iris,
4. die hintere Grenzschicht und
5. die Pars iridica retinae oder das hintere Epithel.

1. Das vordere Epithel ist eine direkte Fortsetzung des epithelialen Überzuges der Irisfortsätze, also indirekt eine Fortsetzung des hinteren Hornhautepithels. Ganz platte, polygonale Zellen bekleiden die Vorderfläche der Iris in kontinuierlicher Lage. Allerdings scheint dieser Überzug, besonders bei älteren Individuen und, hier wieder vor allem in der Tiefe der unregelmäßigen Einbuchtungen der Irisvorderfläche, nicht ganz kontinuierlich zu sein.

2. Die vordere Grenzschicht besteht aus dicht gelagerten, verzweigten Zellen, die bei dunkler Iris Pigment enthalten können; zwischen den Zellen verläuft ein Flechtwerk feinster kollagener Fasern. Die Schicht geht ohne scharfe Grenze in das Stroma iridis über, von dem sie nur einen verdichteten Abschnitt darstellt.

3. Das Stroma iridis (die Gefäßschicht) enthält als Grundlage ein sehr lockeres Bindegewebe, dessen feine Bündelchen sich in mannigfacher Weise kreuzen und durchflechten, dabei aber ziemlich weite Maschenräume aussparen. Lediglich um die zahlreichen Gefäße und Nerven herum wird das Bindegewebe dichter. Außerdem enthält das Stroma noch besondere Zellen, die Stromazellen (Fig. 54). Es sind dies verzweigte Bindegewebszellen, deren Ausläufer mit denen benachbarter Zellen zusammenfließen, so daß ein das ganze Stroma durchsetzendes Zellnetz sich bildet. Diese Zellen können mehr oder weniger Pigment enthalten oder auch ganz pigmentfrei sein. Je mehr Pigment sie enthalten, um so dunkler erscheint das Auge; blaue Augen enthalten in ihren Stromazellen überhaupt kein Pigment.

Innerhalb des Irisstroma finden sich nur im Bereich der Pupillarzone, der Hinterfläche näher als der Vorderfläche, zirkulär verlaufende glatte Muskelzellen, die in ihrer Gesamtheit einen die Pupille umkreisenden Muskelring darstellen und als M. sphincter pupillae bezeichnet werden. Daneben verlaufen auch noch zerstreute, radiäre Bündel in den inneren Abschnitten des Ziliar- und den äußeren des Pupillarteils, die also den Pupillarrand nicht erreichen und die man in ihrer Gesamtheit als M. dilatator pupillae bezeichnet.

4. Die hintere Grenzschicht oder Bruchsche Membran hat im Laufe der Zeit die verschiedenste Deutung erfahren. Glashell und niemals über 2 μ dick ist sie meist als Glashaut aufgefaßt worden, in neuerer Zeit jedoch neigt man mehr der Anschauung zu, daß es sich hier um eine flach ausgebreitete muskulöse Membran handelt. Sie setzt sich (nach Levinsohn, Grynfeldt u. a.) aus dichtgelagerten glatten Muskelzellen mit stäbchenförmigen Kernen zusammen; andere Forscher (von Szily, Herzog, Stock, Zietschmann) betrachten vorwiegend diese Bruchsche Membran zwar auch als muskulös, jedoch nicht als eine selbständige Bildung, sondern rechnen sie zur inneren Schicht der Pars iridica retinae. Die diese zusammensetzenden Zellen sind nämlich nur in ihrem hinteren, nach dem Glaskörper hinblickenden und den Kern enthaltenden Abschnitt pigmentiert. Nach vorne laufen sie in einen schräg vom Zellkörper abgehenden pigmentfreien Fortsatz aus. Dadurch, daß die Fortsätze aller Zellen sich aneinanderlegen, kommt die kernlose Bruchsche Membran zustande. Die Zellen sind kontraktil und ihre Gesamtheit dürfen wir mit Henle als die Membrana dilatatrix der Iris bezeichnen.

5. Die Pars iridica retinae, das hintere Epithel der Iris, wird im Zusammenhang mit der Netzhaut besprochen werden.

Die Nerven der mittleren Augenhaut stammen von den Nn. ciliares longi und breves ab. Diese verlaufen ja zwischen Chorioidea und Sklera mehr oder weniger weit nach vorne. Die von ihnen fortwährend abgehenden Zweige bilden in der Chorioidea einen Plexus, der auch Ganglienzellen enthalten soll und die Zweige für die Gefäße abgibt. Alle Nerven der mittleren Augenhaut sind von Lymphscheiden umgeben.

Im Ziliarkörper bilden die Nerven ebenfalls ein dichtes, mit Ganglienzellen ausgestattetes Geflecht (Plexus gangliosus ciliaris), welches die Muskelzellen umspinnt. Seine Zweige dringen teils in die Ziliarfortsätze ein, teils enden sie im Ziliarkörper selbst. Hier finden sich zunächst Nervenendigungen an den Gefäßen in Form feiner Endknöpfchen. In ähnlicher Weise enden andere Zweige an den Muskelzellen. Zwischen den letzteren trifft man ferner noch sensible Endigungen in Form kleiner Endbäumchen oder Endgeweihe; letztere sollen nach Agababow das Muskelgefühl vermitteln.

Aus demselben Plexus zweigen sich auch die Nerven der Iris ab. Sie bilden innerhalb der letzteren ein feines Geflecht, aus dem Fasern zu den Gefäßen und den Muskeln hinziehen. In der Iris der Säugetiere und des Menschen scheinen in dem Plexus Ganglienzellen zu fehlen.

Die innere Augenhaut.

Die innere Augenhaut, Netzhaut, Retina, besteht aus zwei Blättern, dem äußeren Blatt, welches den nicht eingestülpten,

und dem inneren Blatt, welches den eingestülpten Teil der primitiven Augenblase darstellt. Während das äußere Blatt zu einem einfachen, pigmenthaltigen Epithel wird, verdickt sich das innere Blatt in ausgiebiger Weise und besteht beim Erwachsenen aus zahlreichen Schichten kompliziert gebauter, verästelter Zellen, unter denen wir zunächst besondere Stützzellen, ferner eigenartige zu perzipierenden Organen umgewandelte Zellen und schließlich typische Nervenzellen unterscheiden können. Die ersteren durchsetzen die ganze Dicke des inneren Blattes, die zweiten bilden dessen äußere Schicht und ragen sogar noch zwischen die Elemente des äußeren Blattes hinein und die Nervenzellen machen mit ihren Ausläufern die inneren Schichten aus, und zwar den weitaus größten Teil der Netzhaut. Die Neuriten der innersten Zellschicht sammeln sich in der Papilla n. optici und verlassen durch sie als Sehnervenfasern die Netzhaut und das Auge, um ins Gehirn einzutreten.

Die Netzhaut beginnt in der Peripherie der Papilla n. optici mit abgeschrägtem Rand und kleidet nach vorne zu die gesamte Bulbusinnenfläche aus. Dabei verdünnt sie sich allmählich, von ungefähr 0,5 mm in der Augenachse auf 0,14 mm zu Beginn der Ora serrata, verliert in der letzteren ihre perzipierenden und nervösen Elemente und wird zu einem, zunächst ca. 50 μ dicken zweischichtigen Epithel der mittleren Augenhaut, welches Ziliarkörper, Ziliarfortsätze und Hinterfläche der Iris überzieht. Wir können demgemäß an der Netzhaut eine Pars optica, eine Pars ciliaris und eine Pars iridica unterscheiden.

Da wo die Sehlinie (Linea visus) die hintere Bulbusfläche trifft, also etwas lateral von dem Schnittpunkt der Augenachse (Axis optica) findet sich in der Netzhaut innerhalb der ovalen, 2 mm im größten Durchmesser haltenden Macula lutea eine seichte Grube, die Fovea centralis.

Wir wollen nun zunächst an einem Schnitt aus der Pars optica retinae uns einen Überblick über die die Netzhaut zusammensetzenden Elemente verschaffen und dann untersuchen, welche Veränderungen diese Elemente in den einzelnen Abschnitten der Bulbusinnenfläche erleiden.

Die Pars optica retinae.

Fig. 400 der Taf. XCVI zeigt uns einen solchen Querschnitt durch die Netzhaut des Affen, der ohne weiteres folgende Schichten erkennen läßt: am weitesten nach außen liegen in einfacher Schicht die Zellen des Pigmentepithels, des äußeren Blattes des embryonalen Augenbechers; nach innen folgt dann die aus mehr oder weniger langen, zylindrischen, dicht gedrängt stehenden Elementen sich aufbauende Schicht der Stäbchen und Zapfen, nach innen durch einen feinen, scharfen Kontur, die Membrana limitans

externa, abgeschlossen; nun folgt ein ziemlich breites Band dicht gedrängter Kerne, die äußere Körnerschicht; an sie reiht sich eine Schicht senkrecht oder schräg zur Netzhautoberfläche verlaufender Fasern, die Henlesche Faserschicht, der nach innen ein schmales Band wirr durchflochtener Fäserchen, die äußere plexiforme Schicht, anliegt; nun folgt wiederum eine Kernschicht, die innere Körnerschicht, die meist wesentlich schmäler ist, als die äußere Körnerschicht und sich nach innen in die innere plexiforme Schicht fortsetzt; die nun folgende neunte Schicht stellt in unserem

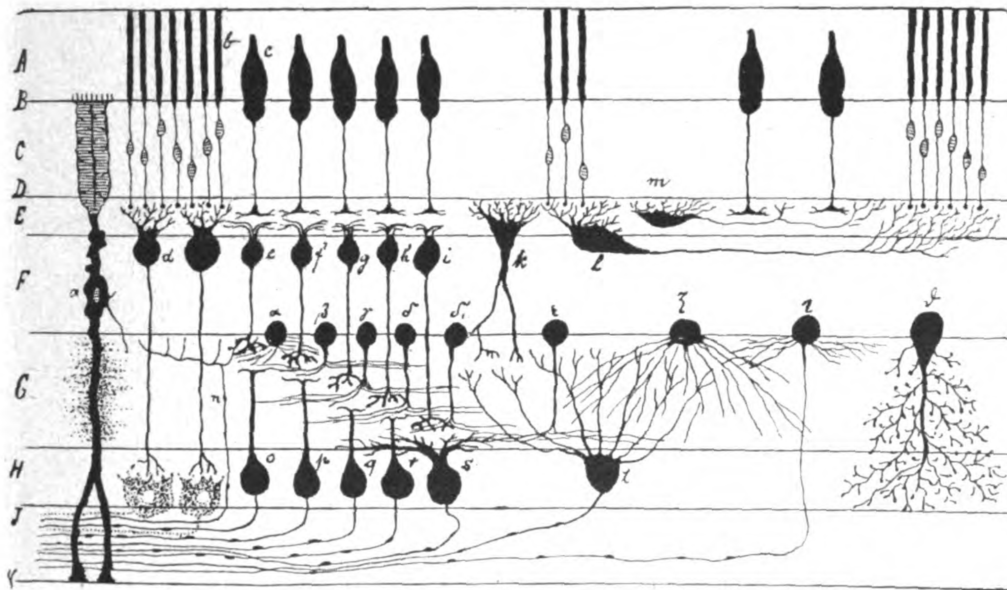


Fig. 402. Schema der Retina, zusammengestellt von Kallius nach den Arbeiten von Ramón y Cajal.

A = Schicht der Stäbchen und Zapfen; B = Membrana limitans externa; C = äußere Körnerschicht; D = Henlesche Faserschicht; E = äußere plexiforme Schicht; F = innere Körnerschicht; G = innere plexiforme Schicht; H = Ganglienzellenschicht; J = Nervenfaserschicht; K = Membrana limitans interna; a = Müllersche Stützzelle; b = Stäbchen; c = Zapfen; d = zu einem Stäbchen gehörige bipolare Zelle; e—i = zu den Zapfen gehörige bipolare Zellen; k—m = horizontale Zellen; n = zentrifugale Nervenfaser; o—t = Ganglienzellen; α—ε = Schichten bildende Amakrinen; ζ, ϑ = diffuse Amakrinen; η = nervöser Spongioblast. (Aus Merkel-Bonnet: Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Bd. II, S. 251.)

Präparat eine einfache Lage großer Ganglienzellen dar, die Ganglienzellenschicht. Die Neuriten dieser Zellen bilden eine die Ganglienzellen nach innen deckende Nervenfaserschicht und schließlich wird die ganze Netzhaut nach innen durch eine scharfe Konturlinie, die Membrana limitans interna, abgeschlossen. Welche Elemente diese 11 Schichten aufbauen, soll nun näher dargelegt werden (vgl. auch Fig. 402).

1. Das Pigmentepithel setzt sich aus einer Schicht kubischer Zellen zusammen, von deren Innenfläche zahlreiche feine Ausläufer

ausgehen und sich zwischen die Elemente der Stäbchen- und Zapfenschicht einsenken. Von der mittleren Augenhaut aus gesehen bieten diese Zellen ein sehr regelmäßiges Bild. Es sind dies gleichartige, dicht mit Pigment erfüllte, 12—18 μ im Durchmesser haltende Zellen von regelmäßiger sechseckiger Gestalt. Im Meridionalschnitt erkennt man, daß das Pigment wesentlich nur den inneren Abschnitt der Zelle und die Zellausläufer erfüllt, den äußeren, etwas kuppelförmig gegen die Lamina basalis chorioideae vorspringenden Teil aber mehr oder weniger frei läßt. In diesem Teil findet sich auch der ovale, etwas abgeplattete Kern. Das Pigment von W. Kühne Fuszin genannt, bildet kleine Nädelchen, Körnchen und Stäbchen, ist eisenhaltig, in Wasser, Alkohol und Äther unlöslich, löslich in starken Säuren sowie Alkalilaugen und wird durch naszierendes Chlor gebleicht.

Durch die Untersuchungen von Kühne und Ewald haben wir die interessante Tatsache kennen gelernt, daß dieses Pigment innerhalb der Zellen und ihrer Fortsätze bestimmte Ortsveränderungen auszuführen vermag. Wird das Auge kräftig belichtet, so strömt das Pigment aus dem Zellkörper mehr und mehr in die Fortsätze; überträgt man aber das Auge ins Dunkle, so zieht sich das Pigment fast vollkommen auf den Zellkörper zurück. Beleuchtet man nur das eine Auge eines im Dunklen gehaltenen Tieres, so zeigt dennoch auch das unbelichtete Auge Lichtstellung. Zerstört man aber das Gehirn und hebt damit die nervöse Verbindung beider Bulbi auf, so zeigt dann der unbelichtete Bulbus Dunkelstellung, der belichtete dagegen Lichtstellung.

2. Die Stäbchen- und Zapfenschicht (Fig. 402 A) besteht, wie aus der Bezeichnung hervorgeht, aus zweierlei Elementen, den Stäbchen und Zapfen, die in den verschiedenen Teilen der Netzhaut ein verschiedenes gegenseitiges Zahlenverhältnis aufweisen. In der Peripherie der Pars optica retinae treten zwischen je zwei Zapfen 4—5 Stäbchen auf, je mehr wir uns der Fovea centralis nähern, um so dichter stehen die Zapfen und in der Fovea selbst finden sich ausschließlich Zapfen.

Die Stäbchen stellen ungefähr 60 μ lange und nur 2—3 μ breite Fäden dar, die einen etwas schmäleren äußeren Abschnitt, das Außenglied, und einen etwas breiteren, inneren Abschnitt, das Innenglied, erkennen lassen. Mit dem Ende des Innengliedes sitzt das Stäbchen der Limitans externa auf; an dem Übergang vom Innenglied ins Außenglied liegt im ersteren ein beim Menschen nicht immer deutlich wahrnehmbarer elliptischer Körper, das Stäbchenellipsoid. Der innere Abschnitt des Innengliedes enthält bei Batrachiern einen zweiten Körper, das sog. Paraboloid (M. Schultze), welches beim Menschen nicht auftritt. Dieser innere, Myoid genannte Abschnitt ist kontraktil und vermag je nach der Lichteinwirkung eine Ver-

kürzung oder Verlängerung des Stäbchens zu bewirken. Das Außenglied ist im frischen Zustand stärker lichtbrechend als das Innenglied, im fixierten Präparat färbt sich ersteres schwächer als letzteres. Durch Mazeration in dünner Kochsalzlösung oder in Glaskörperflüssigkeit zerfällt das Außenglied in lauter dünne Plättchen, wie eine Geldrolle in ihre einzelnen Stücke. Nach Kühne müssen wir an jedem Stäbchen eine Hülle aus Neurokeratin und einem myeloiden Inhalt unterscheiden. Neuere Untersuchungen (Bielschowsky und Pollak, Schneider, Hesse, Held) haben ergeben, daß die Peripherie des Stäbchens von feinen Fibrillen durchzogen wird, die sich spiralig um einen Kern winden. Dieser letztere zerfällt bei der Mazeration in Plättchen.

Das Außenglied der Stäbchen ist während des Lebens von einem roten Farbstoff durchtränkt, dem von Boll entdeckten Sehrot, Sehpurpur, Rhodopsin. Das Sehrot besitzt die Eigenschaft, daß es vom Licht gebleicht wird. Öffnet man das Auge eines im Dunkeln gehaltenen Tieres, so erscheint die Netzhaut lebhaft rot. Unter dem Einfluß des Lichtes bleicht sie schnell, um, ins Dunkle gebracht, wieder rot zu werden. Diese Regeneration findet aber nicht mehr statt, wenn das Pigmentepithel von der Netzhaut entfernt wird (Garten). Das beste Lösungsmittel für das Sehrot bilden Lösungen von kristallisierter Galle; aus solchen Lösungen hat auch Kühne das Sehrot als rotviolette, leicht zerstörbare Substanz dargestellt. Das Sehrot findet sich nicht in der Netzhaut aller Wirbeltiere, es scheint also für die Lichtperzeption nicht von ausschlaggebender Bedeutung zu sein. Die Tatsache aber, daß Nachttiere in der Regel Sehpurpur in sehr reichem Maße, dagegen die nur bei Tag sehenden Tiere es gar nicht besitzen, läßt den Schluß zu, daß der Sehpurpur die Bedeutung eines Lichtsensibilisators hat.

Der Zapfen ist nur ungefähr halb so lang als das Stäbchen, dafür aber auch, wenigstens in seinem Innengliede, doppelt so stark. Das letztere stellt einen kurzen, dicken, nach außen zugespitzten Zapfen dar, sitzt mit seiner Basis der Limitans externa auf und trägt an seinem verschmälerten äußeren Ende das kurze, stumpfspitzige Außenglied. Innen- und Außenglied zeigen hier ähnliche Bauverhältnisse wie beim Stäbchen: das Außenglied weist eine Hülle aus Neurokeratin und an fixierten Präparaten Querstreifung auf. Das Innenglied enthält in seinem peripheren Abschnitt ein großes, deutliches Ellipsoid, in seinem inneren Abschnitt kann es bei Batrachiern ein Paraboloid enthalten. Letzteres zeigt beim Menschen eine feine Längsstreifung, ist kontraktil und wird als Myoid bezeichnet. Die feine Längsstreifung des Innengliedes der Zapfen und Stäbchen ist nach Mawas mitochondrialen Fäden zuzuschreiben, dagegen sind nach demselben Forscher sowohl die Längsstreifung des Außengliedes, als auch die

Querstreifungs-, Plättchen- und Spiralstrukturen als Artefakte aufzufassen. So sehen wir, daß der Bau der Stäbchen und Zapfen im wesentlichen ein- und derselbe ist; ein wichtiger Unterschied zwischen ihnen besteht nur darin, daß das Außenglied der letzteren keinen Sehpurpur enthält, dagegen bei vielen Fischen, Reptilien, Vögeln, sowie auch bei Beuteltieren in seinem Innern gefärbte Tropfen einer fettartigen Substanz birgt. Die Tropfen zeigen alle Farbennuancen von gelb, orange, rot, grün und blau. Nach Kühne handelt es sich um drei, zum Unterschied von dem Sehpurpur lichtbeständige Farbstoffe: Chlorophan, Rhodophan und Xantophan.

Luna findet in den Außengliedern der Stäbchen sowohl als auch der Zapfen lipoide Körper in gelöstem Zustande; außerdem findet er solche Körper in Form von Körnchen, Tropfen und Schollen in allen anderen Schichten der Netzhaut.

Neuere Untersuchungen (van Genderen, Stort, Engelmann, Herzog, Dittler u. a.) haben dargetan, daß sowohl die Zapfen als auch die Stäbchen kontraktile Elemente darstellen; und zwar verlängern sich die Stäbchen (Exner, Sigmund, Januschke, Garten) unter dem Einflusse der Belichtung, die Zapfen dagegen verkürzen sich bei starker Belichtung infolge der Kontraktion des als Myoid unterschiedenen Abschnitts.

Die Ursache der Lageveränderungen der Zapfen scheint nicht auf direkter Einwirkung des Lichtes zu beruhen, wahrscheinlich sondert die Netzhaut bei Belichtung eine Substanz aus, welche kontrahierend auf die Zapfen wirkt (Dittler, Lodato und Maggio).

Stäbchen und Zapfen stellen aber nur das periphere Ende einer Zelle dar. An guten Isolationspräparaten, noch besser an durch besondere Versilberungsmethoden erhaltenen Schnittpräparaten erkennt man nämlich, daß jedes Stäbchen und jeder Zapfen sich jenseits der Limitans externa in einen kernhaltigen Zellkörper fortsetzt, den wir als Stäbchen- und Zapfenfaser bezeichnen. Die ganze Zelle, die dadurch gebildet wird, ist die Stäbchen- bzw. Zapfensehzelle.

Die Stäbchensehzelle hat als peripherisches Endstück das Stäbchen, es geht jenseits der Limitans externa in die dünne, fadenförmige Stäbchenfaser über, die sich innerhalb der äußeren Körnerschicht ausbaucht (Stäbchenkorn) und in ihrem Inneren einen ovalen Kern enthält. Jenseits der Kernstelle verdünnt sich die Faser wieder sehr stark und endet mit einem kleinen Körnchen innerhalb der äußeren plexiformen Schicht. Die Kerne der Stäbchensehzellen liegen in verschiedenen Höhen der äußeren Körnerschicht und zeichnen sich bei manchen Säugetieren durch einen eigentümlichen Bau aus. Ihr Chromatin ist nämlich in mehrere, quer zur Längsachse des Kerns gestellte Platten angeordnet. Zwischen den Chromatinplatten finden sich Platten von achromatischer Substanz. Beim Menschen ist eine

solche Quergliederung nur selten deutlich ausgesprochen, hier zeigt das Chromatin meist eine netzförmige Anordnung (Flemming, Dogiel, Schaper).

Die Zapfensehzelle hat als peripheres Endstück den Zapfen. Dieser setzt sich nach innen in die Zapfenfaser fort; hier liegt aber die kernhaltige Anschwellung, das Zapfenkorn, dicht unter der Limitans externa, und setzt sich gegen das Zapfeninnenglied nur durch eine kurze, halsartige Einschnürung ab, so daß alle Zapfenkörner in einer und derselben Höhe liegen und nicht wie die Stäbchenkörner durch die ganze Dicke der äußeren Körnerschicht zerstreut sind. Der Kern der Zapfensehzelle ist ebenfalls oval, aber immer größer als der der Stäbchensehzelle. Er zeigt niemals eine Querbänderung des Chromatins. Jenseits des Zapfenkorns verdünnt sich der Zellkörper zu einem immer noch kräftigen Fortsatz, der die äußere Körnerschicht und die Henlesche Schicht durchsetzt und an der äußeren plexiformen Schicht mit einer fußförmigen Verbreiterung endet.

3. Über die Limitans externa (Fig. 402 B) soll im Zusammenhang bei der Beschreibung der Stützelemente der Netzhaut gehandelt werden.

4. Die äußere Körnerschicht (Fig. 402 C) setzt sich nach dem Vorausgegangenen aus den mittleren, kernhaltigen Abschnitten sämtlicher Stäbchen- und Zapfensehzellen zusammen; außerdem gehören ihr, wie allen nun noch folgenden Netzhautschichten die sog. Müllerschen Fasern, die Stützzellen der Netzhaut, als gemeinsames Element an.

5. Die Henlesche Faserschicht (Fig. 402 D und Taf. XCVII, Fig. 403) zeigt eine feine, senkrecht oder schräg zur Netzhautoberfläche laufende Streifung, die hauptsächlich von durchlaufenden Zapfenfasern herrührt. Deshalb ist auch diese Schicht da am besten entwickelt, wo sich die meisten Zapfen finden, nämlich in der Gegend der Fovea centralis; nach vorne zu wird die Schicht mit dem selteneren Auftreten der Zapfen auch immer undeutlicher.

6. In der äußeren plexiformen (retikulären) Schicht (Fig. 402 E) treffen die zentralen Enden der Stäbchen- und Zapfensehzellen mit den peripheren Enden der gleich zu beschreibenden Zellen der inneren Körnerschicht zusammen.

7. Die innere Körnerschicht (Fig. 402 F) enthält neben den Stützelementen drei verschiedene Arten von Zellen, nämlich die Bipolaren, die Horizontalzellen und die amakrinen Zellen. Die Bipolaren sondern sich wieder in Stäbchenbipolaren und Zapfenbipolaren.

Die Stäbchenbipolaren (Fig. 402 d) besitzen einen kernhaltigen Zellkörper, der sich peripher, d. h. nach der äußeren plexiformen Schicht zu nur wenig verjüngt und sofort in wenige, unter mehr-

facher Teilung in die äußere plexiforme Schicht eintretende Äste zerfällt. Die letzteren bilden hier ein Büschel von Endzweigen, in welches sich die knopfförmig verdickten Enden mehrerer Stäbchenfasern einlagern. Zentralwärts geht vom Zellkörper ein ziemlich kräftiger Fortsatz ab, durchsetzt die innere plexiforme Schicht und zerfällt in mehrere starke, kurze Endzweige, die sich wieder mit knopfförmigen Enden dem Körper einer großen Ganglienzelle anlagern. Die Zapfenbipolaren (e—i) unterscheiden sich von den vorigen dadurch, daß hier der periphere Fortsatz etwas länger ist. Er tritt ebenfalls in die äußere plexiforme Schicht ein und zerfällt hier in ein flach horizontal sich ausbreitendes Endbüschel, das mit den Zapfenfüßen in Kontakt tritt. Die zentralen Fortsätze der Zapfenbipolaren teilen sich an ihrem Ende in mehrere kurze mit einem Endknopf versehene Äste. Die Fortsätze enden in verschiedenen Höhen der inneren plexiformen Schicht und treten mit den Dendriten der großen Ganglienzellen in Verbindung.

Die Horizontalzellen (Fig. 402k—m) haben ihren Namen daher, daß sich ihre Ausläufer wesentlich in einer Ebene ausbreiten. Sie bilden die oberflächlichste Zellage der inneren Körnerschicht. Vom Zellkörper gehen peripher in die äußere plexiforme Schicht lange, dünne Ausläufer, die als Dendriten aufzufassen sind, der Neurit ist ebenfalls lang und dünn und zersplittert sich in zahlreiche Endreiserchen. Weiter nach innen zu zeigen die Horizontalzellen etwas andere Verhältnisse. Ihre Dendriten sind kräftiger, gehen in großer Zahl vom Zellkörper nach außen in die äußere plexiforme Schicht und enden hier zwischen den Stäbchenfasern. Der Neurit verläuft horizontal an der äußeren Grenze der inneren Körnerschicht und zerfällt schließlich in mehrere kurze, dicke Endzweige, welche eine Gruppe von Stäbchenfaserenden zwischen sich fassen.

Die amakrinen Zellen besitzen entweder nur einen einzigen Fortsatz, der sich nach innen wendet und nach kürzerem oder längerem Verlauf innerhalb der inneren plexiformen Schicht in horizontal verlaufende Endzweige zerfällt (Fig. 402 α—ε) oder aber es gehen vom Zellkörper zahlreiche Fortsätze ab, die die ganze innere plexiforme Schicht durchdringen (ζ, ϑ).

8. Die innere plexiforme (retikuläre) Schicht (Fig. 402 G) enthält, wie wir sahen, einmal die Ausbreitungen der Amakrinen, die in ihr zu mehreren Schichten übereinander liegen, ferner enden hier, ähnliche Schichten bildend, die Neuriten der Zapfenbipolaren und dazu kommen noch als wesentlichster Bestandteil die Ausbreitungen der Dendriten der großen Ganglienzellen, zu deren Besprechung wir uns nun wenden.

9. Die Ganglienzellenschicht (Fig. 402 H) setzt sich aus großen, multipolaren Ganglienzellen (o—t) zusammen, sie liegen in

den mittleren Bezirken der Pars optica in einfacher Schicht nebeneinander, in den peripheren Bezirken aber in größeren Zwischenräumen und in der Nähe der Fovea centralis schichten sie sich in mehreren Lagen übereinander. Die Fovea selbst enthält gar keine Ganglienzellen. Der Zellkörper ist meist von unregelmäßiger Form und umschließt einen großen bläschenförmigen Kern. Sehr deutlich sind in diesen Zellen die uns aus dem allgemeinen Teil bekannten Tigroidschollen zu erkennen; auch Neurofibrillen, zu dicken Bündeln vereinigt, durchziehen, wie die neueren Fibrillenfärbungsmethoden zeigen, ihren Körper und treten in die Dendriten und den Neuriten ein. Vom Zellkörper gehen ein oder mehrere Dendriten aus, die sich in der inneren plexiformen Schicht verzweigen, und zwar entweder diffus oder in bestimmter Höhe, um so entsprechend der Verzweigung der Neuriten der Zapfenbipolaren und der Verzweigung der Ausläufer der Amakrinen mehrere Schichten zu bilden.

10. Die Nervenfaserschicht setzt sich aus zwei Sorten von marklosen Fasern zusammen. Einmal geht von jeder der soeben beschriebenen großen Ganglienzellen ein Neurit ab und tritt in die Nervenfaserschicht ein. Alle diese Neuriten strahlen, indem sie sich zu einzelnen Bündeln zusammenschließen, zur Papilla n. optici hin und verlassen durch sie als N. opticus das Auge. Daraus geht ohne weiteres hervor, daß die Nervenfaserschicht, von der Peripherie der Pars optica der Retina bis zur Papille stetig an Dicke zunehmen muß. Außer diesen zum Gehirn hinleitenden Neuriten der Ganglienzellen finden sich in der Nervenfaserschicht, aber in weit geringerer Zahl auch noch zentrifugale Fasern, welche aus dem Gehirn kommen, durch den Sehnerven in die Retina eintreten und in der inneren plexiformen oder inneren Körnerschicht in feine Endzweige zerfallen, die mit gewissen amakrinen Zellen in nähere Verbindung treten.

11. Die Limitans interna soll bei der Besprechung der Stützelemente der Netzhaut behandelt werden.

Wir haben den Bau der Netzhaut hier in der Hauptsache nach den verdienstvollen Forschungen von Ramón y Cajal dargestellt, denen wir noch folgendes entnehmen können (Fig. 402). In der Netzhaut liegen übereinander geschichtet drei Neuronen, deren peripherstes die Stäbchen- bzw. Zapfensehzelle, deren mittleres die Stäbchen- bzw. Zapfenbipolare und deren zentralstes die Ganglienzelle darstellt. Diese drei Neuronen sind durch Kontakt miteinander verbunden und durch sie hindurch geht der Lichtreiz, einmal durch Stäbchen oder Zapfen aufgenommen, bis zum Gehirn. Dabei kommt es, wie aus unserer Schilderung hervorgeht, zu einer allmählichen Konzentration der Reize, denn es sind mehr Stäbchen- und Zapfensehzellen als Bipolare und wiederum mehr Bipolare als Ganglienzellen vorhanden. Außerdem werden aber auch durch die Horizontal-

zellen und gewisse Amakrinen Verbindungen zwischen einzelnen näheren oder entfernteren Gruppen von Stäbchen- und Zapfensehzellen hergestellt und es stellen diese somit Assoziationssysteme dar.

Zum Schlusse soll aber auch dem Anfänger nicht verschwiegen werden, daß in neuerer Zeit schwerwiegende Bedenken, ähnlich wie wir das auch bei der Besprechung des Zentralnervensystems gesehen haben, gegen die Gültigkeit der Neuronenlehre für den Netzhautbau laut geworden sind. Neuere Methoden haben gezeigt, daß alle die beschriebenen Netzhautstellen deutliche Neurofibrillen enthalten; mehrere Forscher lassen solche Neurofibrillen durch die verschiedenen Neuronen hindurch in ununterbrochenem Verlaufe ziehen, andere wieder, sie in der inneren und äußeren plexiformen Schicht in ein kontinuierliches Fibrillenwerk, ein Fibrillengitter, übergehen, wobei natürlich von getrennten Neuronen nicht mehr die Rede sein könnte (Dogiel, Held, Bielschowsky und Pollak u. a. m.).

Die Stützelemente der Retina werden durch die sog. Müllerschen Fasern oder Radiärfasern repräsentiert (Fig. 402 a). Es sind dies lange Zylinderzellen, welche die Netzhaut von der Limitans interna bis zur Limitans externa durchsetzen. Sie erheben sich mit breitem konischem Fuß aus der Limitans interna. Der Fuß jeder Zelle lagert sich dabei dicht dem Fuße der Nachbarzelle an und ist mit diesem durch eine Kittsubstanz fest verbunden. So kommt auf der inneren Oberfläche der Netzhaut eine zusammenhängende Membran zustande, die wir eben als Limitans interna bezeichnen. Der von Haus aus schmal zylindrische Zellkörper zeigt die verschiedenartigsten Fortsatzbildungen. Es erstrecken sich von ihm zwischen die benachbarten Retinalzellen feinere und gröbere Fäden und membranartige Blätter. Noch eigenartiger wird das Bild dieser Zellen dadurch, daß fast jede Retinalzelle ihren Körper mehr oder weniger einbuchtet, sich in ihn eingräbt. Der Kern der Radiärfasern liegt in der inneren Körnerschicht. Innerhalb der äußeren Körnerschicht erfahren sie durch die Körper der hier gelegenen Stäbchen- und Zapfensehzellen eine hochgradige Zerklüftung. Am äußeren Umfang der äußeren Körnerschicht schließlich vereinigen sie sich wieder zu einer siebartigen Membran, der Limitans externa, durch deren Löcher die Stäbchen-Zapfenfasern hindurchtreten. Von der Limitans externa steigen noch kurze periphere Fortsätze ein Stückchen weit zwischen den Stäbchen- und Zapfeninnengliedern in die Höhe.

In der Nervenfaserschicht finden sich noch besondere Gliazellen, die mit dem N. opticus ins Auge gelangen und den zentralen Gliazellen vollkommen gleichen.

Die Fovea centralis.

Die Fovea centralis stellt eine seichte Vertiefung in der Netzhaut mit stark verdünntem Boden und wallartig verdicktem Rande

dar, der ziemlich langsam in einem Winkel von 15—20° abfällt (Taf. XCVII, Fig. 403). Sie liegt beim Menschen innerhalb der Macula lutea. Eine solche gelbe Stelle findet sich nur beim Menschen und manchen Affen, ebenso fehlt den meisten Tieren eine Fovea centralis. Sie wird dort vertreten durch die Area centralis, die aber niemals eine vertiefte, sondern meist im Gegenteil eine verdickte Netzhautpartie darstellt (Zürn).

In den peripheren Teilen der Macula lutea fällt zunächst die mächtige Ganglienzellenschicht auf, ihre Zellen liegen in mehreren, manchmal bis zu 8 Schichten übereinander. Die Nervenfaserschicht ist schwach entwickelt, im Neuroepithel finden sich außerordentlich zahlreiche Zapfen. Je mehr wir uns nun der Fovea nähern, um so mehr nehmen die Ganglienzellen ab und mit ihnen sinkt auch die Dicke der Nervenfaserschicht; am Rand der Fovea verschwinden die Ganglienzellen, äußere und innere Körner fließen zusammen und wir haben nun auf dem Grunde der Fovea nur noch Zapfensehzellen. Da aber zu jeder Zapfensehzelle hier eine Zapfenbipolare gehört, so müssen sich diese letzteren am Rande der Fovea in mehrfacher Schicht anhäufen und es müssen die Zapfenfasern, um zu ihnen zu gelangen, schräg abbiegend, eine ziemlich weite Strecke durchmessen. So entsteht im Gebiet der Macula lutea eine sehr stark entwickelte Henlesche Faserschicht. Die Zapfen der Fovea zeichnen sich durch größere Länge aus und nähern sich mehr der Stäbchenform.

Die Pars ciliaris retinae.

Nach der Peripherie zu verdünnt sich die Netzhaut, wie wir sahen, immer mehr. Zunächst nehmen die Ganglienzellen und mit ihnen die Nervenfaserschicht ab. Dann verschwinden die Stäbchen immer mehr und mit ihnen auch die äußere plexiforme und die Henlesche Schicht, so daß jetzt die beiden Körnerschichten zusammenfließen und es besteht nun die Retina hauptsächlich noch aus Müllerschen Fasern. Innerhalb der Ora serrata sinkt dann ihre Dicke ganz plötzlich von 150 μ auf 50 μ und wir treten damit ins Gebiet der Pars ciliaris. Diese setzt sich aus zwei Zellschichten zusammen, einer äußeren pigmentierten, welche die direkte Fortsetzung des Pigmentepithels der Pars optica darstellt, und einer inneren unpigmentierten, die man als eine Fortsetzung der Stützzellen der Pars optica ansehen kann. Die Pigmentzellen sind so dicht mit einem grobscholligen Pigment angefüllt, daß dadurch die Zellgrenzen verwischt werden. Die inneren pigmentlosen Zellen sind niedriger als die äußeren, enthalten in ihren Zelleib zahlreiche Mitochondrien und werden nach innen von einer Kutikula bedeckt.

Die Pars iridica retinae.

Die Pars iridica retinae bekleidet als direkte Fortsetzung der Pars ciliaris die Hinterfläche der Iris. Auch sie ist zweischichtig, doch enthalten hier beide Zellschichten Pigment; die innere besteht aus einer Lage hoher, oft kolbig verdickter und stark mit Pigment beladener Zellen. Die äußere Zellschicht ist nur zum Teil pigmentiert. Über ihr Verhältnis zur Bruchschen Membran haben wir bei der Besprechung der Iris das Nähere ausgeführt.

Der N. opticus und die Papilla n. optici.

Der N. opticus ist in seinem intraorbitalen Verlauf von drei bindegewebigen Scheiden umgeben, welche der Dura mater, Arachnoidea und Pia des Gehirns entsprechen und im wesentlichen auch den gleichen Bau aufweisen. Zwischen der Dural- und Arachnoidealscheide und zwischen der letzteren und der Pialscheide findet sich je ein mit dem Subduralraum und dem Subarachnoidealraum des Gehirns kommunizierender Spaltraum. Auch die beiderseitigen Spalträume stehen durch das Chiasma hindurch in offener Verbindung. Am Bulbus gehen Dural- und Pialscheide in die Sklera über und es verliert sich die Arachnoidealscheide kurz vorher unter Zerfall in kleine Bälkchen. Die Pialscheide dringt in Form von Septen in den Nervenstamm ein und teilt ihn in ungefähr 800—1200 kleine Nervenbündel. Jedes Bündel besteht aus markhaltigen, einer Schwannschen Scheide entbehrenden Nervenfasern von 0,2—10 μ Durchmesser. Zwischen den Fasern finden sich zahlreiche Gliazellen.

Am Bulbus angekommen, durchbricht der Sehnerv die Augenhäute und tritt in der Papilla n. optici in die Netzhaut ein (Taf. XCVI, Fig. 400). Dabei verjüngt sich der Sehnerv ganz beträchtlich, was darin seinen Grund hat, daß seine Fasern nach und nach ihre Markscheide verlieren. Gleichzeitig verschwinden die im Nervenstamm längsverlaufenden Septen und an ihre Stelle tritt ein System von querverlaufenden Septen, die in ihrer Gesamtheit eine siebartig durchlöcherte Bindegewebsplatte darstellen, welche wir als Lamina cribrosa bezeichnen. Es entspringen diese Bindegewebsplatten und -balken teils von der hier in die Sklera übergehenden Pialscheide des Nerven, teils von dem Bindegewebe der Chorioidea. Sie strahlen nach innen gegen das in der Sehnervenachse die Gefäße umgebende Bindegewebe und verbinden sich mit ihm.

Die nun marklos gewordenen Nervenfasern strahlen, zu kleinen Bündeln vereint, im Niveau der inneren Netzhautoberfläche angekommen, nach allen Seiten auseinander, so daß in ihrer Mitte eine mehr oder weniger flache Einsenkung, Excavatio papillae n. optici, entsteht, aus der die Zentralgefäße hervortreten.

Die Linse.

Die Linse, Kristallinse, Lens crystallina, ist ein Gebilde ektodermaler Abkunft; sie besteht in einer frühen Periode des Embryonallebens aus einem mit kubisch-zylindrischen Zellen ausgekleideten ovoiden Bläschen, das sich vom Ektoderm abgeschnürt hat. Die Epithelzellen verhalten sich nun beim weiteren Wachstum verschieden. Während die Zellen des vorderen Abschnittes kubisch bleiben, ja mit der Zeit noch niedriger werden, wachsen die des hinteren Abschnittes zu langen Fasern, den Linsenfasern, aus, füllen allmählich den ganzen Hohlraum des Bläschens aus und verwandeln es in einen soliden Körper. Im Äquator der Linse gehen diese langen Linsenfasern langsam in die niederen Zellen der ehemaligen Vorderwand über, die nun die Vorderfläche der Linse als einfaches kubisches Epithel bekleiden.

Die ausgebildete Linse setzt sich aus der Linsenkapsel, dem Linsenepithel und der aus den Linsenfasern sich aufbauenden Linsensubstanz zusammen (Fig. 404).

Die Linsenkapsel, Capsula lentis, bildet eine die Linse allseitig umhüllende, homogene Membran, die in der Mitte der vorderen Linsenfläche eine Dicke von 15 μ zeigt, von hier aus allmählich dünner wird, so daß sie im Äquator nur noch 10—11 μ, in der Mitte der hinteren Linsenfläche sogar nur noch 5 μ dick ist. Die Kapselsubstanz ist, wie gesagt, strukturlos, läßt sich jedoch durch geeignete Mazerationsmittel in mehrere, konzentrisch angeordnete Blätter, Lamellen, zerlegen.

Chemisch und färberisch unterscheidet sie sich sowohl von dem Bindegewebe, als auch von dem elastischen Gewebe in mancher Beziehung. Sie wird vom kochenden Wasser ohne Leimbildung gelöst, ebenso löst sie sich in Säuren und wird vom Trypsin verdaut.

Das Linsenepithel liegt unter der Linsenkapsel und bedeckt in einfacher Schicht die Vorderfläche der Linse. Die Zellen sind in der Nähe der Linsenachse niedrig kubisch und von polygonaler Grundfläche. Ihr Körper erscheint leicht granuliert und entsendet nach Leber und Barabaschew feine seitliche Fortsätze zwischen die Nachbarzellen. Der Kern ist meist ovoid; in seiner nächsten Nähe finden sich zwei kleine Zentralkörperchen. Im Zellkörper hat Ballowitz bei Tieren, ähnlich, wie im hinteren Epithel der Hornhaut, nadelförmige Kristalloide nachgewiesen.

Je mehr wir uns dem Äquator nähern, um so höher und schmäler werden die Zellen des Linsenepithels, bis sie am Äquator selbst zu langen Zylindern, den Linsenfasern auswachsen. Diese Umwandlung des Linsenepithels in Linsenfasern geht ständig in der Gegend des Linsenäquators vor sich, wobei die Zellen eine außerordentlich

charakteristische Drehung durchmachen. Während sie nämlich in der Nähe des Äquators noch mit ihrer Längsachse senkrecht auf der Linsenoberfläche stehen, neigen sie sich im Äquator selbst immer mehr und bilden mit der Linsenoberfläche immer kleiner werdende Winkel, bis sie schließlich, nachdem sie zu Linsenfasern geworden, mit der Oberfläche parallel laufen. Mit der zunehmenden Neigung

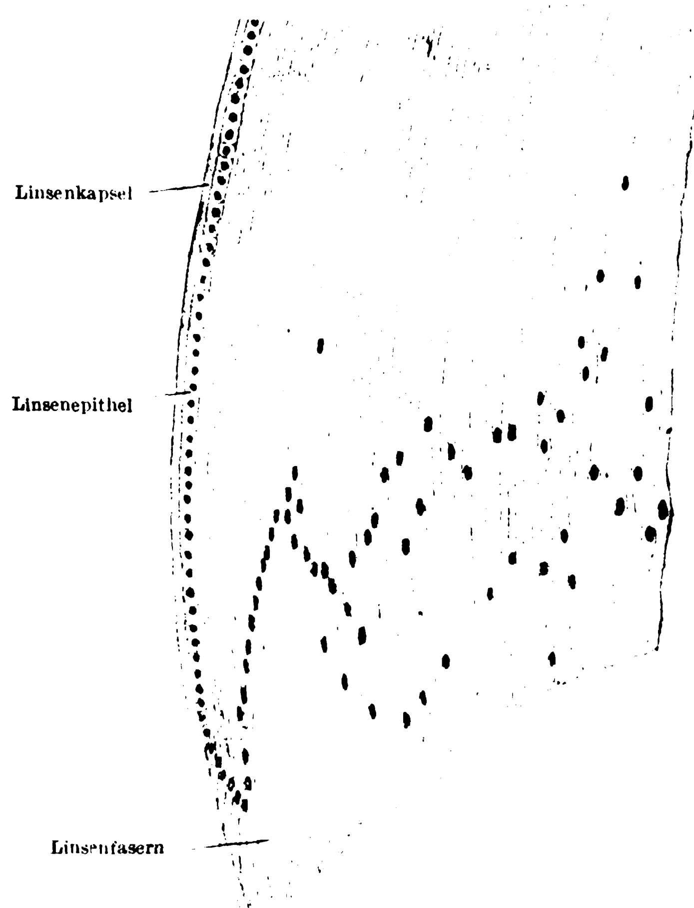


Fig. 404. Stück eines Meridionalschnittes durch den Linsenrand vom Affen. Ca. 200mal vergrößert.

verändern auch die Kerne ihre Lage. Die Kernreihe entfernt sich zunächst immer mehr von der Linsenkapsel und biegt dann im spitzen Winkel ab, um ein Stück weit fast parallel mit der oberflächlichen Kernreihe des Linsenepithels zu verlaufen, wobei sie von ihrer Hinter- bis zur Vorderfläche reichen. Es bietet so der Meridionalschnitt an der Grenze von Epithel und Linsenfasern im Linsenäquator ein eigentümliches Bild, das man auch als Linsenwirbel bezeichnet

(Fig. 404). Die Kerne dieser Linsenfasern halten sich an die Äquatorgegend und bilden dort die sog. Kernzone.

Die Linsenfasern, Fibrae lentis, stellen lange, sechsseitige, aus einer ziemlich weichen Masse bestehende Prismen dar, deren periphere Schichten fester, konsistenter erscheinen. Je mehr wir uns dem Innern der Linse, dem Linsenkern, nähern, um so fester wird die Substanz der Linsenfasern, um so kleiner und unregelmäßiger ihr Querschnitt. Die sechsseitig prismatischen Linsenfasern sind in peripheren Teilen der Linse bandartig abgeflacht (Fig. 405). Mit ihren breiten Flächen lagern sie sich parallel der Oberfläche, mit ihren schmalen Flächen dagegen dringen sie keilförmig zwischen die Nachbarzellen. An ihrer Oberfläche sind sie vielfach mit kleinen Vorsprüngen und Zähnchen besetzt, vermittels deren sie sich sehr innig miteinander verbinden. Sie lassen sich jedoch leicht mit gewissen Mazerationsmitteln isolieren. Die Linsenfasern sind, wie wir gesehen haben, kernhaltige Zellen. Das gilt aber nur von den peripheren Fasern (Hauptfasern, Rabl); nach dem Linsenkern zu verkümmern die Kerne allmählich und lassen sich in den zentralen Fasern überhaupt nicht mehr nachweisen.

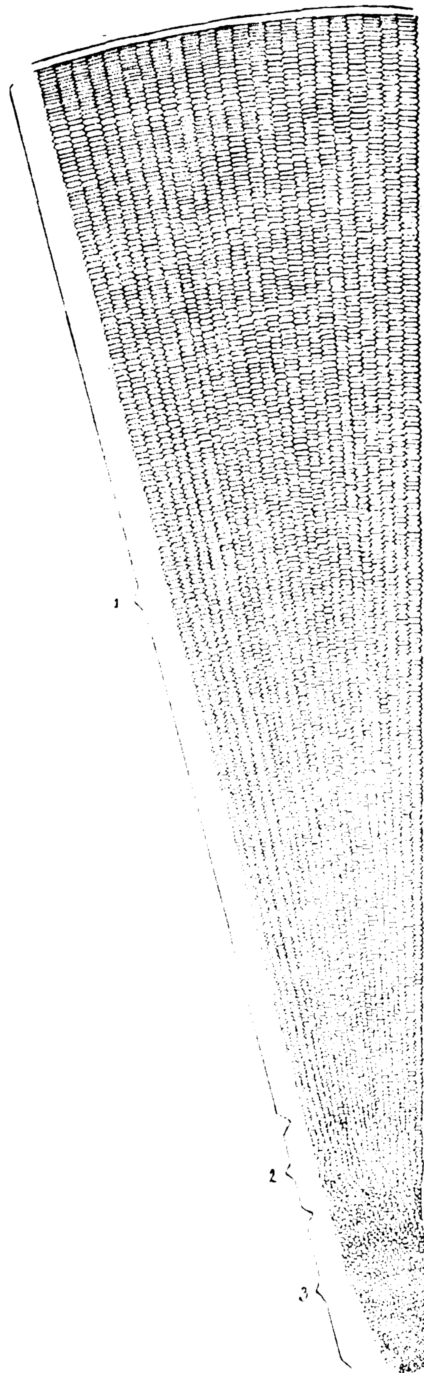


Fig. 405. Schema einer Selachierlinse nach Rabl. Segment eines Äquatorialschnittes.

1. Hauptfasern, 2. Übergangsfasern, 3. Zentralfasern.

Auf Äquatorialquerschnitten der Linse sieht man, daß die Linsenfasern zu radiär von der Linsenachse ausstrahlenden Blättern angeordnet sind, die am deutlichsten in den peripheren Schichten, weniger deutlich in den zentralen zu erkennen sind (Fig. 405). Die Anordnung ist so, daß innerhalb eines jeden solchen Blattes die Fasern

mit ihren annähernd parallel verlaufenden Breitseiten miteinander sich verbinden. In zwei benachbarten Blättern greifen dann die Fasern mit ihren Schmalseiten ineinander. In seitlicher Richtung ist aber die Verbindung eine innigere als in der radiären Richtung; daher kommt es, daß die Linse, mit gewissen Mazerationsmitteln behandelt, sich wie eine Zwiebel aufblättern läßt.

Jede Linsenfaser überschreitet in ihrem Verlauf den Linsenäquator und geht von einem Punkt der hinteren Linsenhemisphäre zu einem bestimmten Punkt der vorderen Linsenhemisphäre. Die in der Achse gelegenen Fasern verlaufen gradlinig durch die ganze Dicke der Linse und reichen von dem, auf der Vorderfläche der Linse liegenden Epithel bis zur hinteren Wand der Linsenkapsel, die seitlichen Fasern verlaufen parallel den Seitenflächen der Linse. Dabei verlaufen die Fasern aber nicht genau meridional, sondern zeigen, wenigstens in den peripheren Linsenpartien, einen S-förmigen Verlauf. In der vorderen und hinteren Hemisphäre stoßen die Fasern mit ihren kolbig verdickten Endteilen in den sog. Nahtlinien zusammen. Bei niederen Wirbeltieren (Fische, Amphibien, Reptilien) sind diese Nähte gradlinig, die hintere Naht horizontal, die vordere vertikal. Die Fasern reichen von der vorderen zur hinteren Naht, indem sie vom Ende der einen bis zur Mitte der anderen verlaufen. Bei höheren Tieren und beim Menschen bilden die Nähte einen mehrstrahligen (drei bis sechzehn) in der Linsenachse gelegenen Stern. Diese Sternfigur erscheint sehr deutlich an der unvollkommen mazerierten Linse. Es zeigt sich hier beim Erwachsenen sowohl auf der Vorderfläche als auf der Hinterfläche der Linse ein sechs- bis neunstrahliger Stern, Linsenstern, und zwar decken sich nicht die beiderseitigen Radien, sondern die des vorderen stehen in den Interradien des hinteren. Selbstverständlich ist hier der Verlauf der Linsenfasern viel verwickelter.

Während die Linse innerhalb des Embryonallebens von einer gefäßhaltigen Kapsel umgeben ist, veröden diese Gefäße im Verlaufe der Embryonalzeit, so daß Linsenkapsel und Linse des Erwachsenen vollkommen gefäß- und nervenfrei werden.

Die Substanz der Linsenfasern besteht nach Mörner aus einem in Wasser unlöslichen Eiweißkörper, dem Albumoid, und zwei löslichen Globulinen, dem α-Kristallin und dem β-Kristallin, die ca. 35% des Gesamtgewichtes ausmachen; dazu kommen noch 63—64% Wasser und eine geringe Menge von Lezithin, Cholesterin, Fett und organischen Salzen.

Der Glaskörper.

Der Glaskörper, Corpus vitreum, füllt den ganzen hinteren Bulbusabschnitt zwischen Linse und Netzhaut aus. Früher glaubte man, daß er ausschließlich aus Flüssigkeit bestehe, heute aber wissen wir (Virchow, Retzius), daß auch geformte Bestandteile an seinem

Aufbau Anteil nehmen. Diese geformten Bestandteile sind feinste Fäserchen, welche an der ganzen Netzhautoberfläche und an der Linsen- und Zonulahinterfläche eine fast kontinuierliche Lage, die Grenzschicht, bilden, in der sich die Fäden zu einem ziemlich dichten Netzwerk verflechten. Von ihm aus wird der ganze Glaskörperraum von diesen Fädchen durchsetzt, indem sie sich zu mehreren zu kleinen Bündeln aneinanderlagern und die einzelnen Bündel zur Bildung eines ganz lockeren Maschenwerkes sich gegenseitig verflechten.

Auch zellige Elemente kommen, aber nur in sehr bescheidenem Maße, im Glaskörper des Erwachsenen vor. Sie liegen in der Grenzschicht, sind platt spindlig oder sternförmig und werden gewöhnlich als aus den Netzhautgefäßen stammende Wanderzellen angesehen.

Im embryonalen Bulbus ziehen von der Papilla n. optici quer durch den Glaskörperraum die Vasa hyaloidea. Sie gehen später zugrunde, der Kanal, in dem sie den Glaskörper durchsetzen, Canalis hyaloideus (Cloquetscher Kanal), erhält sich häufig, aber durchaus nicht immer, und enthält dann auch noch Reste jener Gefäße (Wolfrum).

Früher hat man außerdem noch eine besondere, strukturlose, den ganzen Glaskörper umhüllende Membran beschrieben (Membrana hyaloidea), sie ist aber neueren Untersuchungen zufolge nicht vorhanden, es stößt vielmehr die Grenzschicht direkt an die Membrana limitans interna der Netzhaut.

Zonula ciliaris.

Als Zonula ciliaris oder Zonula Zinnii bezeichnen wir ein System von Fasern, die sich aus der Ora serrata und der Pars ciliaris retinae erheben und nach dem Linsenäquator zu ausstrahlen, hier in die Linsenkapsel übergehen und so ein ringförmiges Aufhängeband der Linse bilden.

Was den Ursprung der Zonulafasern anlangt, so sind wohl alle neueren Untersucher darin einig, daß sie Ausläufer der inneren, unpigmentierten Zellen der Pars ciliaris retinae sind (Kölliker, Agababow, Addario, Graf Spee u. a. m.); es senden jedoch wahrscheinlich nicht alle diese Zellen Fortsätze aus. Die Fäserchen vereinigen sich zu dickeren Fasern, verlaufen zwischen Ora serrata und Grenzschicht des Glaskörpers nach vorne, treten dann zwischen den Processus ciliares in die sog. Recessus camerae posterioris und ordnen sich zu drei Lamellen an; die vordere zieht zur Vorderfläche der Linsenkapsel, die mittlere zum Linsenäquator und die hintere gelangt, der Grenzschicht des Glaskörpers dicht anliegend, zur Hinterfläche der Linse. Die Lamellen sind nicht kontinuierlich, sondern setzen

sich wieder aus einzelnen Bändern zusammen. An der Linsenkapsel angelangt, splittern die Fasern in ihre einzelnen Fibrillen auf; diese strahlen in die Linsenkapsel ein und bilden auf ihrer Oberfläche eine besondere äußere kontinuierliche Schicht (Zonulaschicht), die sich meist leicht von der übrigen Kapsel trennen läßt.

Die verschiedenen Lamellen der Zonula schließen zwischen sich und dem Linsenäquator einen ungefähr dreieckigen Raum ein, der in offener Kommunikation mit der hinteren Kammer steht, den Petitschen Raum (Canalis Petiti).

Was das färberische Verhalten und die chemische Natur der Zonulafasern anlangt, so zeigen sie manche Ähnlichkeit mit den elastischen Fasern, doch scheinen sie chemischen Reagenzien gegenüber nicht so widerstandsfähig zu sein wie jene (Agababow). Sie verhalten sich in färberischer Beziehung ähnlich wie die Neurogliafasern.

Die Blutgefäße des Augapfels.

Die Blutversorgung des Bulbus erfolgt von zwei getrennten Systemen aus, dem Netzhautsystem und dem Ziliarsystem. Anfänglich scharf getrennt, verbinden sich beide Systeme beim Eintritt in den Bulbus mittels zahlreicher Anastomosen, um dann, wieder getrennt, die Häute des Augapfels zu versorgen (Taf. XCVIII, Fig. 406).

Das Netzhautgefäßsystem (Fig. 406, griechische Buchstaben) wird durch die A. und V. centralis retinae repräsentiert. Die Arterie (α) verläuft, einmal in den Sehnerven eingetreten, in dessen Achse bis zur Papille. Dabei gibt sie zahlreiche Zweige an den Sehnerven selbst und an die Scheidengefäße ab und in der Höhe der äußeren Chorioidealgrenze zahlreiche Anastomosen zu dem bald zu besprechenden Circulus vasculosus n. optici (γ). Außerdem hängen die Ästchen der Vasa centralia retinae am Sehnervenrande mit den feineren Gefäßen und Kapillaren der Chorioidea zusammen (δ). Im Grunde der Papille angelangt, zerfällt die Arterie zunächst in zwei und kurz darauf in vier längere Ästchen, Arteriolae temporales retinae superior und inferior und die Arteriolae nasales retinae superior und inferior. Diese Gefäße, zu denen noch die gewöhnlich aus den ersteren stammenden Arteriolae maculares superior und inferior kommen, verzweigen sich innerhalb der Nervenfaserschicht vielfach und gehen in Kapillaren über, die bis in die äußere Körnerschicht vordringen. Die Schicht der Stäbchen und Zapfen ist ebenso, wie die Fovea centralis, gefäßlos. Die Netzhautarterien sind, einmal in die Netzhaut eingetreten, Endarterien. Die aus den Kapillaren sich sammelnden Venen verlaufen genau so wie die Arterien.

Das Ziliargefäßsystem besteht aus:

1. den Aa. ciliares posteriores breves,

2. den Aa. ciliares posteriores longae,
3. den Aa. ciliares anteriores.

1. Die Aa. ciliares posteriores breves (Taf. XCVIII, Fig. 406, römische Zahlen) (I) entspringen in 4—6 Stämmchen aus verschiedenen Orbitalgefäßen und verlaufen dicht neben dem N. opticus nach vorne. Unterwegs geben sie zahlreiche Ästchen zu den Optikusscheiden ab, welche mit Ästen der A. centralis retinae anastomosieren (γ). Am Bulbus angekommen, zerfallen sie in 18—20 Stämmchen, durchboren mit denselben die Sklera und breiten sich nach vorne hin bis zum Ziliarkörper in der Lamina choriocapillaris (III) aus. In der Höhe der Lamina cribrosa geben sie zahlreiche Ästchen ab, die gegen die Sehnervenachse streben, sich dabei mit den Gefäßen der Sehnervenscheide und Ästen der A. centralis retinae (γ) verbinden und so innerhalb des Bindegewebes der Lamina cribrosa einen dichten Gefäßkranz, den Circulus vasculosus n. optici (Haller) bilden, außerdem gehen sie mit Ästen der Aa. ciliares posteriores longae und der Aa. ciliares anteriores Anastomosen ein (c). Die Aa. ciliares posteriores breves versorgen hauptsächlich die Chorioidea mit Blut.

2. Die Aa. ciliares posteriores longae (Taf. XCVIII, Fig. 406, arabische Zahlen) (1) entspringen in zwei Stämmchen aus der A. ophthalmica, laufen mit dem Sehnerven nach vorn, durchbohren die Sklera und laufen ungefähr in dem horizontalen Meridian, die eine lateral, die andere medial zwischen Chorioidea und Sklera, nach vorne. Sie durchdringen dann den Ziliarkörper und bilden in der Iriswurzel einen ringförmigen Gefäßplexus, den Circulus arteriosus iridis major (2). Von diesem zweigen sich Ästchen radiär nach innen ab und bilden an der Grenze zwischen Ziliar- und Pupillarteil der Iris den Circulus arteriosus iridis minor. Aus dem ersteren dringen außerdem noch Zweige in die Processus ciliares (3) und bis zum Pupillarrand der Iris (4) ein. Die Aa. ciliares posteriores longae versorgen demnach vorwiegend die Iris und die Ziliarfortsätze, sie gehen vielfach Anastomosen ein sowohl mit den Aa. ciliares posteriores breves wie auch den Aa. ciliares anteriores (b).

3. Die Aa. ciliares anteriores (Taf. XCVIII, Fig. 406, kleine lateinische Buchstaben) (a) entspringen in variabler Zahl aus den Muskelarterien, durchbohren im vorderen Bulbusabschnitt die Sklera, versorgen den Ziliarkörper und senken sich in den Circulus iridis major ein (b). Sie geben auf ihrem Verlauf die Aa. episclerales (d) ab, versorgen dann die Sklera und anastomosieren mit den Ästen der Aa. ciliares posteriores breves (c) und longae, nachher geben sie die Aa. conjunctivales posteriores zur Conjunctiva bulbi ab und schließlich die Aa. conjunctivales anteriores (e). Diese letzteren laufen nach vorne bis

zur Korneoskleralgrenze (f) und bilden hier, schlingenförmig umbiegend, das sog. Randschlingennetz.

Der größte Teil des Ziliarvenenblutes sammelt sich in den Vv. vorticosae, den Wirtelvenen (Taf. XCVIII, Fig. 406 (V). Es sind dies fünf bis sechs über den Äquator des Bulbus verteilte Venenstämme. Das venöse Blut aus der Chorioidea strömt zu einem in jedem dieser Bezirke gelegenen Zentrum hin. So entstehen fünf bis sechs in den äußeren Schichten der Chorioidea propria gelegene wirtelförmige Stromgebiete, aus denen je eine V. vorticosa abführt. Die Vv. vorticosae durchbrechen die Sklera und münden in die V. ophthalmica superior. Von den übrigen im großen und ganzen mit den gleichnamigen Arterien verlaufenden Venen nehmen die Vv. ciliares anteriores (a_1) Blut aus dem vorderen Bulbusabschnitt auf, vor allem aus dem Schlemmschen Kanal (S), einem ringförmigen, an dem inneren Umfang der Korneoskleralgrenze gelegenen Venenplexus. Sie münden, ebenso wie die noch Blut aus den hinteren Bulbusabschnitten aufnehmenden Vv. ciliares posteriores breves (I_1), teils in die V. ophthalmica superior, teils in die V. ophthalmica inferior.

Die Lymphbahnen des Bulbus.

Der Augapfel besitzt keine eigentlichen Lymphgefäße, sondern ein System von Spalt- und Hohlräumen, die zum Teil mit dem sog. Kammerwasser erfüllt sind. Nach Schwalbe kann man sie in vordere und hintere Lymphbahnen einteilen.

Zu den vorderen Lymphbahnen zählen wir:

1. die Saftkanälchen der Hornhaut und der Sklera,
2. die vordere Augenkammer,
3. die hintere Augenkammer, die mit der vorigen durch jenen kapillären Spalt in Verbindung steht, den die auf dem vorderen Abschnitt der Linsenkapsel schleifende Iris offen läßt,
4. den Petitschen Raum, der, wie wir sahen, mit der unter 3. genannten hinteren Augenkammer in weit offener Verbindung steht.

Das System der hinteren Lymphbahnen besteht dagegen aus:

1. dem Subarachnoideal- und Subduralraum der Sehnervenscheide,
2. dem zwischen Chorioidea und Sklera gelegenen Perichorioidealraum, der mittels der perivaskulären Scheiden der Vv. vorticosae in Verbindung steht mit
3. dem Glaskörperraum,
4. den Lymphbahnen der Netzhaut.

Das Kammerwasser, Humor aqueus, stellt eine klare, wasserhelle Flüssigkeit dar, die von dem Epithel der Ziliarfortsätze abgesondert wird. Sie reagiert alkalisch und enthält nur 1,3% feste

Bestandteile, darunter Spuren von Serumalbumin, Globulin und Fibrinogen.

Nach der allgemein herrschenden Annahme strömt dieses Kammerwasser fortwährend aus der hinteren Kammer in die vordere und von hier aus durch den Fontanaschen Raum hindurch in den Schlemmschen Kanal und wird durch diesen abgeführt.

Die Hilfsorgane des Auges.

Die Augenmuskeln.

Die Augenmuskeln setzen sich aus quergestreiften Muskelfasern zusammen, die sich von den übrigen Skelettmuskelfasern nur unwesentlich unterscheiden. Es finden sich unter ihnen sehr dünne Fasern, dünner als wie wir sie an anderen Stellen antreffen, was vor allem von den die peripheren Partien eines jeden Augenmuskels zusammensetzenden Fasern gilt. Außerdem zeichnet sich ein großer Teil der Augenmuskelfasern durch einen außerordentlich großen Reichtum an Sarkoplasma aus, wie wir ihn an anderen Orten kaum wieder finden.

Auch die Nervenfasern zeigen in den Augenmuskeln ein besonderes Verhalten. Sie umschlingen, bevor sie in ihre Endplatten übergehen, fast eine jede Muskelfaser in zahlreichen Windungen. Nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Cipollone, Sherrington, Baum finden sich in den Augenmuskeln des Menschen keine Muskelspindeln, Steinitz dagegen faßt hier als Muskelspindeln dünne, oft spindelig verdickte Fasern auf, die sich in großer Zahl in den Augenmuskeln vorfinden. Sie werden in zahlreichen Spiraltouren von je einer Nervenfaser umflochten, die dabei zahlreiche variköse Seitenzweige abgibt. Eine Bindegewebsscheide fehlt diesen Spindeln. Zwischen den Augenmuskelfasern trifft man dann auch noch besondere sensible Nervenendkörperchen (Huber). Echte Muskelspindeln finden sich dagegen nach den Untersuchungen von Cilimbaris in den Augenmuskeln vieler Säugetiere, so bei Schaf, Reh, Hirsch, Ziege und Wildschwein (vgl. Taf. LXV, Fig. 310).

Der Tränenapparat.

Der Tränenapparat setzt sich aus den Tränendrüsen mit ihren Ausführungsgängen, den Tränenröhrchen, dem Tränensack und dem Tränennasengang zusammen.

Die Tränendrüsen (Fig. 407) sind zusammengesetzte tubulöse Drüsen, die wir zu den serösen Drüsen rechnen müssen. Sie weisen eine gewisse Ähnlichkeit mit der Ohrspeicheldrüse auf. Ihre Ausführungsgänge, die in variabler Zahl in den Fornix conjunctivae

einmünden, sind mit zweireihigem Zylinderepithel ausgekleidet. Nach außen von dem Zylinderepithel liegt eine Schicht niederer kubischer Zellen. Die Gänge teilen sich in dem interlobulären Bindegewebe der Drüsenläppchen vielfach und gehen, ohne daß es, wie in der Parotis, zur Bildung von Speichelröhren ähnlichen Kanalabschnitten kommt, durch Vermittelung kurzer Schaltstücke in die sezernierenden Tubuli über. Diese werden von zylindrischen oder kubischen Zellen ausgekleidet, denen nach außen platte, verzweigte Zellen anliegen. Letztere bilden eine direkte Fortsetzung jener tiefen Zellage der Ausführungsgänge und scheinen muskulöser Natur zu sein, so daß wir hier also ähnliche Verhältnisse wie in den Schweißdrüsen vor uns



Fig. 407. Aus einem Schnitte durch die Tränendrüse des Menschen.
Ca. 150mal vergrößert.

haben (Zimmermann). Die eigentlichen Drüsenzellen lassen, ähnlich wie die Pankreaszellen, eine zentrale körnchenhaltige und eine äußere protoplasmatische, radiär gestreifte, körnchenfreie Zone erkennen. Im zentralen Abschnitt liegen zwei stäbchenförmige Zentralkörperchen und die zentrale Zone enthält mehr oder weniger zahlreiche Fetttröpfchen. Zwischen den Zellen finden sich Sekretkapillaren. Außen wird der Tubulus von einer homogenen Basalmembran umhüllt. Bei den Halbmondbildungen, die an den Tränendrüsentubuli beschrieben worden sind, handelt es sich nicht um echte Halbmonde, sondern nur um Komplexe sekretleerer Zellen (Noll).

Die Tränen, das Sekret der Tränendrüsen, verdanken ihren bekannten salzigen Geschmack einem Kochsalzgehalt von 1,3%, außerdem enthalten sie an festen Bestandteilen nur noch 0,5% Eiweiß. Ihre Reaktion ist alkalisch.

Die Tränenröhrchen sind von einem geschichteten Plattenepithel ausgekleidet, auf das nach außen ein gefäßreiches Bindegewebe mit zahlreichen elastischen Fasern folgt.

Im Tränensack und Tränennasengang findet sich dagegen ein geschichtetes Zylinderepithel; nach außen von den Zylinderzellen liegen eine oder auch mehrere Lagen von kubischen Zellen. Den Untersuchungen von Walzberg zufolge tragen die Zylinderzellen im Tränennasengang vielfach, aber nicht durchgängig, Flimmern, dagegen sind sie im Tränensack frei von Flimmern. Das umhüllende Bindegewebe ist reich an Lymphozyten, die sich zur Bildung von kleinen Follikeln ansammeln können.

Die Nerven der Tränendrüsen sind fast ausschließlich marklos. Sie bilden nach Dogiel zunächst auf der Membrana propria ein Geflecht, von dem aus feine Zweige die Membran durchbohren und an der Basis der sezernierenden Zellen ein erstes Netz, das „Überzellennetz", bilden und dann ein zweites zwischen den Zellen, das „Zwischenzellennetz". Es kommt dabei zu einer außerordentlich innigen Berührung der Nervenfasern und Drüsenzellen.

Die Augenlider.

Die die äußere Fläche der Augenlider bedeckende Haut geht an der inneren Kante des Lidrandes in die Conjunctiva palpebralis über, welche die innere Fläche der Lider überzieht. Zwischen diese beiden Schichten schiebt sich dann der M. orbicularis palpebrarum mit seinen Fasern und eine feste bindegewebige Platte, der Tarsus, ein. Über diese Verhältnisse orientieren wir uns am besten an einem Sagittalschnitt, wie ihn Fig. 408 der Taf. XCIX vom oberen Augenlid eines Kindes vorführt.

Zu äußerst liegt die Hautschicht, ausgezeichnet durch die außerordentlich geringe Entwickelung der Koriumpapillen. Das subkutane Gewebe ist sehr locker und arm an Fettzellen. Aus der Hautschicht ragen zahlreiche Wollhärchen heraus.

An der äußeren Lidkante treten die starken langen Wimperhaare, Cilia, hervor. Sie sind in 2—3 Reihen angeordnet und tief in das Korium eingepflanzt. Diese Wimpern sind einem raschen Wechsel unterworfen, wie auch das Vorkommen zahlreicher Anlagen von Ersatzhaaren beweist.

Mit den Wimpern treten am Lidrande zwei Arten von Drüsen in Verbindung, die kleinen Talgdrüsen und die großen modifizierten Knäueldrüsen, Mollsche Drüsen, Glandulae ciliares. Die Ausführungsgänge der ersteren münden stets, die der letzteren häufig in die Zilienbälge ein.

Auf das subkutane Gewebe folgt nach innen die vom M. orbicularis palpebrarum gebildete Schicht. Er besteht aus quergestreiften

Muskelfasern, die in ihrer Dicke beträchtliche Schwankungen zeigen und im Unterlid durchschnittlich dicker als im Oberlid sind (Schiefferdecker). Der Muskel verläuft im Bogen von einem Lidwinkel zum anderen, erscheint also in unserem Sagittalschnitte quer getroffen. Der dem Lidrand zunächst gelegene Teil wird durch die tief eindringenden Zilienbälge von der Hauptmuskelmasse abgespalten und als M. ciliaris (Riolani) bezeichnet.

Nach innen vom M. orbicularis liegt die Fascia palpebralis, eine bindegewebige Schicht, in welche im oberen Lid die Sehne des M. levator palpebrae superioris, im unteren Lid ein Teil der Sehne des M. rectus inferior übergeht. Nach innen von diesen Sehnen verlaufen auch glatte Muskelzellen, die man in ihrer Gesamtheit als M. tarsalis superior bzw. inferior bezeichnet. Seine Bündel laufen in beiden Lidern senkrecht zum Lidrande. Der obere Muskel beginnt an der unteren Seite des M. levator palpebrae, der schwächere untere dagegen entspringt in der Nähe des M. obliquus inferior. Mit ihrem anderen Ende inserieren diese Muskeln durch elastische Fäserchen an den konvexen Rändern der beiden Tarsus.

Die Fascia palpebralis setzt sich nach innen in eine steife Platte, den sog. Tarsus, fort, der ungefähr $^2/_3$ der Höhe eines jeden Augenlides einnimmt. Er besteht aus fibrillärem Bindegewebe, dessen Fasern so dicht liegen und so fest miteinander verbunden sind, daß das ganze Gebilde fast Knorpelkonsistenz erreicht. Daher der Name „Augenlidknorpel“, obwohl sein Bau mit Knorpel nichts gemeinsam hat. Innerhalb des Tarsus liegen in jedem Lid ungefähr 30 langgestreckte, alveoläre Talgdrüsen, die Glandulae tarsales oder Meibomschen Drüsen. Die Drüsen stehen sämtlich mit ihrer Längsachse senkrecht zum Lidrand. Der mit geschichtetem Plattenepithel ausgekleidete Ausführungsgang öffnet sich an der inneren Lidkante und zieht von hier ungefähr parallel mit der inneren Oberfläche der Lider durch die ganze Höhe des Tarsus hindurch. An seinem Ende erscheint er meist erweitert. Er ist in seinem ganzen Verlauf mit zahlreichen großen Alveolen besetzt, die ganz den Bau von kleinen Talgdrüsen besitzen. Das Sekret dieser Drüsen ist dem Hauttalg ähnlich, es bildet die sog. Augenbutter, das Sebum palpebrale.

Nach innen vom Tarsus folgt nun die Conjunctiva palpebralis, eine aus Propria und Epithel bestehende Schleimhaut. Die Propria ist ein derbes Bindegewebe und wölbt sich in Form starker, unregelmäßiger Erhebungen gegen das Epithel vor, bildet aber nur in der Gegend der inneren Lidkante wirkliche Papillen (Wolffring, Ciaccio). In ihr finden sich zahlreiche Plasmazellen und Lymphozyten, die unter Umständen sich zur Bildung von kleinen Noduli lymphatici vereinigen können. Wie weit man in solchen Lymphknötchen noch normale Bildungen sehen darf, ist schwer zu

sagen. Im Fornix findet man auch beim gesunden Menschen manchmal mehr als 20 kleine Lymphknötchen (Henle, Stöhr). Innerhalb der Propria liegen besonders in der lateralen Hälfte des Fornix conjunctivae im unteren Lid vereinzelte, im oberen zahlreichere seröse Drüsen, welche als akzessorische Tränendrüsen (Krausesche Drüsen) angesprochen werden dürfen. Ihre Ausführungsgänge münden auf der Oberfläche der Konjunktiva. Das Epithel der letzteren ist ein geschichtetes Zylinderepithel; es erreicht die innere Lidkante nicht, sondern geht schon 1—2 mm vorher in das geschichtete Plattenepithel des Lidrandes über. Die oberflächlichste Lage des Konjunktivalepithels besteht aus mit einer Kutikula versehenen Zylinderzellen. Zwischen ihnen liegen zahlreiche typische Becherzellen (Ishikura). Auf die Zylinderzellen folgen eine oder mehrere Schichten kubischer Zellen. Während im Gebiet des Tarsus die Schleimhautoberfläche glatt ist, zeigt sie im Fornix zahlreiche Furchen und Unebenheiten, buchtenartige Vertiefungen, Konjunktivabuchten. Im Bereiche der letzteren kann die Propria Papillen bilden, die man unter dem Namen des Papillarkörpers zusammenfaßt (Eble).

Im Fornix conjunctivae geht die Conjunctiva palpebrarum in die Conjunctiva bulbi über. Letztere hat im allgemeinen den gleichen Bau wie erstere, nur zeigt ihre Propria in den vorderen Partien deutliche Papillenbildung. Das Epithel der Conjunctiva bulbi geht in der Nähe der Hornhaut in ein dickes geschichtetes Plattenepithel über, dessen direkte Fortsetzung dann das vordere Epithel der Hornhaut darstellt.

Die Plica semilunaris, die der Palpebra tertia, der Nickhaut, niederer Wirbeltiere entspricht, ist lediglich eine einfache Duplikatur der Konjunktiva. Sie enthält beim Säugetier eine Knorpelplatte und eine besondere, meist seröse Drüse, die Nickhautdrüse; beim Schwein soll sie mukös sein. Rückwärts von der Nickhautdrüse liegt bei Säugetieren eine weitere Drüse, die Hardersche Drüse. Reste des Nickhautknorpels und der Nickhautdrüse können sich auch beim Menschen finden. Die Caruncula lacrimalis ist eine kleine Erhebung der Conjunctiva bulbi im medialen Lidwinkel, von geschichtetem Epithel überzogen und durch den Besitz von Haaren, Talg- und Schweißdrüsen als ein abgesprengtes Stückchen äußerer Haut gekennzeichnet. In ihrer Tiefe können akzessorische Tränendrüsen liegen.

In jedes Augenlid tritt vom medialen und vom lateralen Augenwinkel aus je eine A. palpebralis ein. Die Aa. palpebrales mediales und laterales vereinigen sich in jedem Lid, indem sie auf der Außenfläche des Tarsus in der Nähe des Lidrandes einander entgegenlaufen. Es bildet sich so in jedem Lid ein Arcus tarseus. Im oberen Lid können die Arterienäste noch einen zweiten Gefäßbogen bilden.

Beide lösen sich in zahlreiche Zweige auf, welche Haut, Muskeln, Drüsen und besonders reichlich die Conjunctiva palpebrarum versorgen. Die Konjunktivalarterien anastomosieren am Hornhautrande vielfach mit den Aa. ciliares anteriores.

Die Lymphgefäße bilden nach Gruner drei durch Anastomosen vielfach miteinander verbundene Netze, das subkutane, das prätarsale und das konjunktivale Lymphgefäßnetz. Sie fließen nach Most zu den Lymphdrüsen der Parotiden- und Submaxillargegend ab. Ob eine Verbindung der Lymphgefäße der Conjunctiva bulbi mit dem Saftkanalsystem der Hornhaut besteht, ist zur Zeit noch nicht entschieden.

Die Nerven der Lider bilden im Hautteil sowohl als auch im Tarsus und der Konjunktiva dichte Geflechte. Die von ihnen sich abzweigenden Fasern versorgen Haut, Muskeln, Gefäße und Drüsen. Besonders dicht sind die die Meibomschen Drüsen umspinnenden Geflechte. In der Konjunktiva finden sich neben freien Epithel- und Gefäßendigungen vor allem besondere Endkörperchen, die Krauseschen Endkolben. Sie liegen im Lidrand und den angrenzenden Bezirken der Konjunktiva in den Papillen, in den übrigen Teilen der Bindehaut dicht unter dem Epithel (Dogiel). Es kommt sehr häufig vor, daß eine Nervenfaser sich teilt und daß das eine Teilstück in einen Endkolben eintritt, das andere in ein ganzes Büschel frei im Bindegewebe endigender Fäserchen zerfällt (Crevatin).

3. Das Gehörorgan.

Den wesentlichsten Bestandteil des Gehörorgans bildet das in der Tiefe der Felsenbeinpyramide gelegene, vom äußeren Keimblatt aus durch Einstülpung entstandene häutige Labyrinth. Es enthält die Nervenendorgane, welche zur Perzeption der Schallwellen dienen, funktioniert aber auch noch gleichzeitig als Gleichgewichtsorgan, orientiert uns also über die Lage unseres Körpers im Raum.

Das häutige Labyrinth besteht bekanntlich aus den beiden vermittels des Ductus utriculo-saccularis kommunizierenden Säckchen, dem Utrikulus und dem Sakkulus, sowie dem Ductus cochlearis. Aus dem ersteren erheben sich die in die drei Ebenen des Raumes gestellten halbzirkelförmigen Kanäle mit ihren Ampullen. Der Sakkulus steht vermittels des sehr engen Canalis reuniens mit der häutigen Schnecke in Verbindung. Noch wäre des Ductus endolymphaticus zu gedenken, der aus dem oberen Ende des Sakkulus herausführt, den Ductus utriculo-saccularis aufnimmt und, die Felsenbeinwand durchsetzend, in dem innerhalb der Schädelhöhle liegenden Saccus endolymphaticus endigt. Das häutige Labyrinth liegt innerhalb des knöchernen Labyrinths, zum Teil der Wandung des letzteren dicht an, zum Teil von ihr durch weite perilymphatische Räume getrennt.

An die Wand des häutigen Labyrinthes tritt der N. acusticus mit seinen Zweigen heran und endet hier in besonderen Nervenendstellen, die wir als Maculae und Cristae acusticae bezeichnen. Innerhalb des Utrikulus liegt eine Macula acustica recessus utriculi, in jeder Ampulle der Bogengänge eine Crista acustica, im Sakkulus eine Macula acustica sacculi und in der häutigen Schnecke die ausgedehnte Crista spiralis oder das Cortische Organ.

Zu diesem perzipierenden Apparat treten nun noch akzessorische Apparate, die wesentlich der Zuleitung der Schallwellen zu dem tiefgelegenen häutigen Labyrinth dienen. Nach außen schließt sich nämlich an das Labyrinth die von dem Kopfdarm abstammende Paukenhöhle. Sie wird nach außen durch das als Schallmembran ausgebildete Trommelfell geschlossen, welches die Schwingungen, in die es von den Schallwellen versetzt wird, auf eine Kette von drei Knöchelchen, die Gehörknöchelchen, überträgt. Das erste derselben, der Hammer, ist mit dem Trommelfell fest verbunden, das letzte, der Steigbügel, sitzt beweglich in dem Foramen ovale des knöchernen Labyrinthes. Zwischen Hammer und Steigbügel schiebt sich, gelenkig mit beiden verbunden, der Amboß ein. Die Paukenhöhle, die man mitsamt ihrem Inhalt auch als Mittelohr bezeichnet, steht durch die Tuba auditiva mit der Rachenhöhle in offener Verbindung. Endlich reiht sich nach außen an das Mittelohr das äußere Ohr, bestehend aus dem äußeren Gehörgang und der Ohrmuschel.

Sakkulus, Utrikulus und Bogengänge.

Sakkulus, Utrikulus und Bogengänge bieten in ihrem feineren Bau eine so weitgehende Übereinstimmung, daß wir sie im Zusammenhang abhandeln können. Ihre Wand ist an den meisten Stellen äußerst dünn, sie sinkt bis zu 4—5 μ herab, nur an den Maculae und Cristae acusticae wird sie beträchtlich dicker, bis zu 100—200 μ. Nach außen liegt ihr ein lockeres Bindegewebe auf, welches sie entweder mit dem Periost des Knochens direkt verbindet oder die perilymphatischen Räume in Form von Bälkchen durchsetzt. Die Wand von Sakkulus, Utrikulus und Bogengängen besteht zunächst aus der Membrana propria und dann dem ihr nach innen aufliegenden Epithel.

Die Membrana propria ist an den meisten Stellen sehr dünn und zeigt zumeist eine deutliche Streifung. Sie setzt sich augenscheinlich aus Fasern zusammen, die teilweise, ähnlich wie in der Substantia propria der Hornhaut, sich zu Lamellen zusammenschließen. Doch scheint es recht fraglich, ob es sich hier um echtes kollagenes Gewebe handelt, da die Fasern nur unvollkommen oder gar nicht die gewöhnlichen färberischen Reaktionen der echten Bindegewebsfasern geben. Zwischen den Fasern finden sich Zellen vor, die dort, wo die Membran an Dicke zunimmt, zahlreicher und dichter zusammengedrängt auf-

treten. Die Zellen sind sternförmig, und es läßt sich an vielen Stellen auf das deutlichste beobachten, daß die Ausläufer benachbarter Zellen miteinander anastomosieren. An der Verdickung der Labyrinthwand im Gebiet der Maculae und Cristae acusticae ist die Membrana propria hervorragend beteiligt, so daß man sagen kann, je höher das Epithel, um so dicker die Membrana propria. In den Bogengängen springt die Propria nicht selten mit warzigen Verdickungen gegen das Lumen vor (Rüdinger).

Das Epithel, welches Sakkulus, Utrikulus und Bogengänge auskleidet, ist ein einschichtiges, plattes Epithel, dessen Zellen als polygonale Platten der Propria aufsitzen. Eine Ausnahme bildet die sog. Raphe in den Bogengängen, ein auf der konkaven Fläche der häutigen Bogengänge und der Ampullen verlaufender Zellstreifen, innerhalb dessen die Zellen beträchtlich höher und schmäler, also aus Platten zu niedrigen Zylindern werden.

Jede Crista acustica ist an ihren beiden Enden von einem halbmondförmigen Streifen, dem Planum semilunatum, umgeben, in dessen Bereich sich ebenfalls Zylinderepithel findet. Nach der einen Seite fällt das Planum langsam in die Ampullenwand ab, nach der anderen wird es durch eine seichte Furche von der es an Höhe nur wenig überragenden Crista acustica getrennt. Die Cristae acusticae werden von dem Neuroepithel gebildet. Seine Dicke beträgt ca. 50 μ. Es sitzt der hier mächtig verdickten Propria auf, deren oberflächlichste Lage meist keine Zellen enthält und sich als homogener Streifen von der übrigen Propria etwas abhebt. Das Neuroepithel besteht aus zwei verschiedenen Arten von Zellen. Die einen, die Haarzellen, bilden die perzeptorischen Elemente und treten mit den Endzweigen des N. acusticus in Verbindung, die anderen, die Fadenzellen, sind untergeordnete Elemente, die als Stütze der oben erwähnten Haarzellen dienen.

Die Haarzellen sind bauchige Zellen von 25—40 μ Länge, erreichen also mit ihrer Basis die Membrana propria nicht. Sie liegen so locker nebeneinander, daß sie immer noch einen kleinen Raum zwischen sich lassen. Ihre Basis ist breit und abgerundet, nach oben verjüngt sich die Zelle etwas, um, ähnlich wie eine breithalsige Kochflasche des Chemikers an ihrem oberen Ende wieder verbreitert auszulaufen. Der Kern ist groß, kugelig, chromatinreich, und liegt in der basalen Erweiterung der Zelle. Das verbreiterte obere Ende der Zelle stellt eine kutikularisierte rundliche Platte dar. Aus der freien Oberfläche einer jeden Haarzelle ragen die Hörhaare hervor, zahlreiche, feine, 25—30 μ lange Härchen. Indem sämtliche Haare einer Crista acustica sich dicht aneinander legen und wohl infolge unserer technischen Manipulationen bei der Präparation miteinander verbacken, entsteht ein eigentümliches Gebilde, welches im Querschnitt der Crista acustica

der letzteren wie ein Zylinderhut aufsitzt. Wir bezeichnen es als Cupula terminalis (Taf. C, Fig. 409 u. Fig. 410).

Die Fadenzellen durchsetzen die ganze Dicke des Epithels von der Membrana propria bis zur freien Oberfläche. Wir können an ihnen einen Zellkörper und einen Fortsatz unterscheiden. Der Zellkörper liegt unterhalb der Basis der Haarzellen, zwischen dieser und der Membrana propria. Er ist ziemlich klein, die einzelnen Zellen liegen sehr dicht, so daß sie den ganzen Raum zwischen Haarzellen und Membrana propria ausfüllen. Ihr Kern ist immer wesentlich kleiner als der der Haarzellen. Von jedem Zellkörper geht ein schmaler Fortsatz aus, der sich zwischen den Haarzellen hindurch bis zur freien

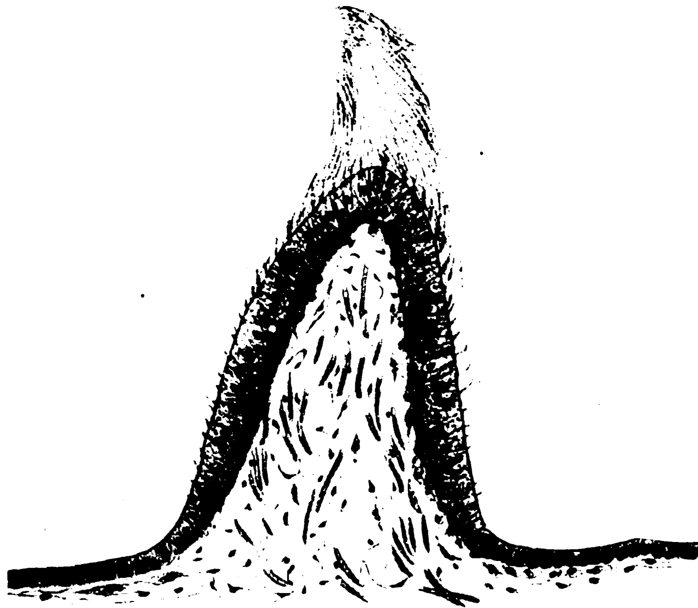


Fig. 410. Crista acustica ampullae externae vom Meerschweinchen. Ca. 200mal vergrößert.

Epitheloberfläche erstreckt und hier in seinem obersten Abschnitt ebenfalls kutikularisiert ist. Indem sich nun die kutikularisierten Enden der Fadenzellen und die kutikularisierten Deckel der Haarzellen innig aneinander legen und fest miteinander verbinden, entsteht eine die ganze Oberfläche der Krista bedeckende Kutikularmembran, die Membrana limitans.

In den Maculae acusticae sacculi und utriculi zeigt das Neuroepithel im wesentlichen die gleichen Verhältnisse. Ihnen fehlt ein Planum semilunatum, so daß das Neuroepithel direkt in das Plattenepithel übergeht. Ihr Neuroepithel ist auch nicht ganz so hoch wie das der Cristae acusticae. Die aus jeder Haarzelle hervorragenden

Haare verbinden sich zu je einer außerordentlich fein auslaufenden Geißel. Auf die Geißelenden lagert sich die sog. Otolithenmembran. Die Otolithen, Hörsteinchen, sind beim Menschen kleine, 1—10 μ lange Kristalle, die zu fast 80% aus kohlensaurem Kalk bestehen und daneben noch Spuren von Muzin enthalten. Sie werden durch eine weiche, strukturlose Masse zusammengehalten, die unserer Erfahrung nach ein Ausscheidungsprodukt des Neuroepithels darstellt, und liegen in ihr in einfacher Schicht den Haaren der Maculae acusticae auf.

Die in die Cristae und Maculae acusticae eintretenden Nerven dringen durch die Membrana propria durch, verlieren dabei ihre Markscheide und verflechten sich vielfach. In das Epithel eingetreten, laufen sie zwischen den Stützzellen hindurch auf die Basen der Haarzellen zu; die einzelne Faser teilt sich dabei meist in mehrere kurze Äste, von denen jeder sich zu einer Haarzelle wendet. Wie das genauere Verhältnis zwischen Haarzelle und Nervenfaser sich gestaltet, ist eine viel umstrittene Frage. Soviel läßt sich aber mit Sicherheit sagen, daß die Verbindung, in welche beide treten, eine außerordentlich innige ist. Jede Faser bildet an der Basis der Haarzelle eine Art Becher, in welchem jene wie das Ei im Eierbecher sitzt. Aus diesem Becher strahlen dann zahlreiche feinste Fibrillen an der Oberfläche der Zelle entlang, dringen vielleicht auch selbst in die Substanz des Zelleibes ein. Diese Fibrillen sind mit zahlreichen Verdickungen besetzt (Retzius, Niemack, Kaiser, Krause, Held).

Die häutige Schnecke.

Wesentlich komplizierter gestalten sich nun die Bauverhältnisse des häutigen Schneckenganges, des Ductus cochlearis (Taf. C, Fig. 409 und Taf. CI, Fig. 411). Es ist dies bekanntlich bei Säugetieren ein spiralig gewundener, an beiden Enden blind geschlossener Kanal (Vorhofsblindsack und Kuppelblindsack), in den kurz hinter seinem blinden Vorhofsende der enge Canalis reuniens aus dem Sakkulus einmündet. Er liegt im knöchernen Schneckengang derart eingeschlossen, daß er, die Schnecke aufrecht stehend gedacht, seine knöcherne Wand nur innen und außen berührt, oben und unten dagegen durch je einen großen perilymphatischen Raum, Scala vestibuli und Scala tympani, von ihr getrennt wird. Beide Skalen gehen in der Schneckenspitze ineinander über, die Scala vestibuli mündet an der Schneckenbasis in die Perilymphräume des Vestibulums, die Scala tympani dagegen endet blind geschlossen an der Membrana tympani secundaria.

Auf dem Schneckenlängsschnitt zeigt der Ductus cochlearis eine dreieckige Form, so daß wir drei Wände an ihm unterscheiden können,

eine obere, die ihn gegen die Scala vestibuli abgrenzt, eine äußere, die ihn mit dem Periost der äußeren Wand des knöchernen Schneckenganges verbindet, und eine untere, die ihn von der Scala tympani trennt. Wir wollen diese Wände im folgenden einzeln betrachten.

Die obere Wand, die wir der Nachbarschaft der Scala vestibuli halber, auch als vestibulare Wand, Membrana vestibularis, bezeichnen können, wird nach ihrem Entdecker gewöhnlich als Membrana Reißneri benannt. Sie entspringt von dem die Lamina spiralis ossea deckenden Limbus spiralis und zieht schräg nach außen oben zur äußeren Wand des knöchernen Schneckenganges, wo sie an einer kleinen Erhebung der bindegewebigen Bekleidung jener Wand, der Crista membranae vestibularis, inseriert. Sie verläuft meist gerade, manchmal auch in die Scala vestibuli vorgebaucht, und besteht aus zwei Lagen ganz platter Epithelzellen, von denen die eine dem Epithel des Ductus cochlearis, die andere dem der Scala vestibuli entspricht. Zwischen den beiden Epithellagen finden sich nur minimale Spuren von Bindegewebe.

Wesentlich komplizierter ist schon der Bau der äußeren Wand des Ductus cochlearis (Fig. 412). Diese stellt in der Hauptsache eine mächtige Verdickung des Periosts der äußeren Schneckenwand dar; sie liegt im Schneckenlängsschnitt in Form einer Sichel jener Wand auf und erstreckt sich nach oben bis in die Scala vestibuli, nach unten bis in die Scala tympani, in deren dünnem Periost sie ihre Fortsetzung findet. Wir bezeichnen das ganze Gebilde als Ligamentum spirale. Es hat in seinem Bau Ähnlichkeit mit der früher beschriebenen Membrana propria des häutigen Labyrinths und enthält, neben feinen Bindegewebsfasern, zahlreiche, verzweigte und teilweise auch anastomosierende Bindegewebszellen. An der Stelle, wo die Reißnersche Membran an ihm inseriert, verlängert es sich in eine kleine Spitze, die Crista membranae vestibularis. Wesentlich stärker entwickelt ist aber in der äußeren Wand eine zweite Spitze, die den Ductus cochlearis von der Scala tympani trennt und sich weit nach innen gegen die Lamina spiralis ossea erstreckt, die Crista basilaris. Zwischen Crista basilaris und Crista membranae vestibularis, der ersteren wesentlich näher als der letzteren, buchtet sich das Lig. spirale noch einmal nach innen als Prominentia spiralis vor (Fig. 412). Das Epithel, welches diese äußere Wand bekleidet, zeigt ganz eigenartige Verhältnisse und wir können an ihm zwei Strecken unterscheiden, eine von der Crista membranae vestibularis bis zur Prominentia spiralis als Stria vascularis und eine zweite von der Prominentia spiralis bis zur Crista basilaris als Sulcus spiralis externus. Das Epithel der Stria vascularis ist undeutlich mehrschichtig; man findet auf der Oberfläche niedrigere, in der Tiefe mehr zylindrische Zellen. Die Lagerungsverhältnisse der Zellen werden

einmal dadurch sehr verwischt, daß sie ziemlich viel Pigment enthalten und zweitens dadurch, daß zwischen die Zellen zahlreiche Blutkapillaren eindringen, so daß wir also hier einen der seltenen Fälle von vaskularisiertem Epithel vor uns haben. Ob wir es hier übrigens ausschließlich mit Epithelzellen (Retzius, Prenant) oder mit einer Mischung, Durchwachsung von Epithel und Bindegewebe zu tun haben (Baginsky, Gottstein, Katz), wie wir sie auch in der Nach-

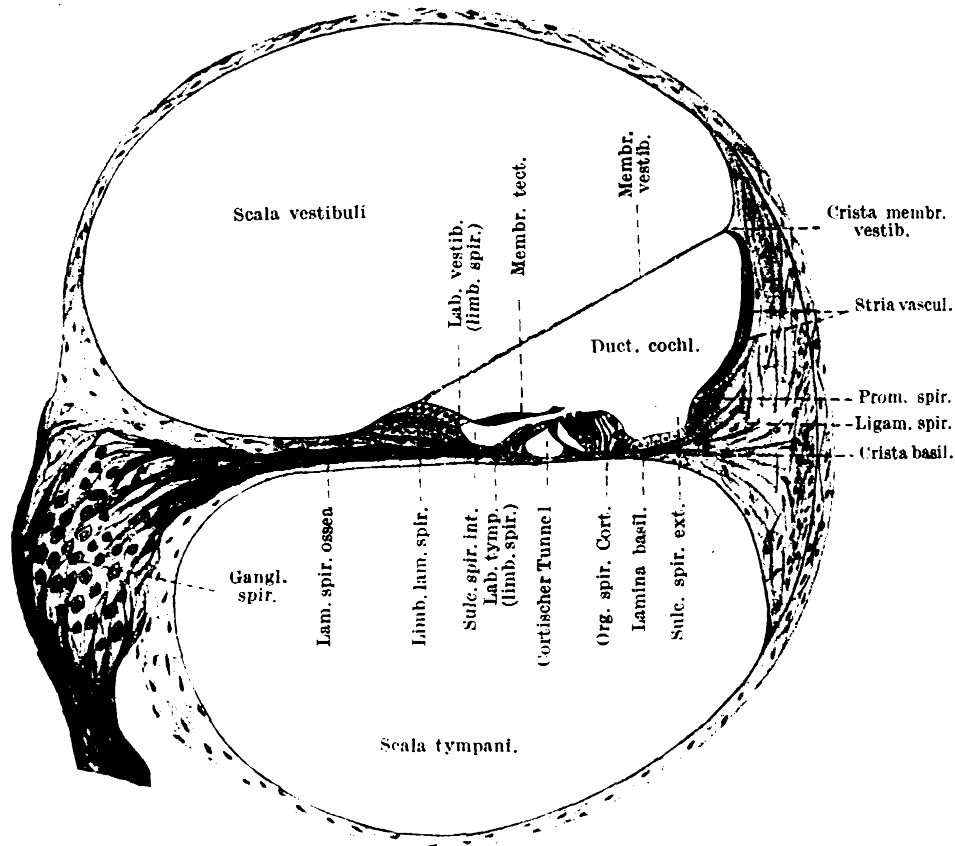


Fig. 412. Durchschnitt einer Windung der Schnecke.
Halbschematisch.

barschaft der Stria vascularis bald kennen lernen werden, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden. In der Stria vascularis soll die den Ductus cochlearis erfüllende Flüssigkeit, die Endolymphe, abgesondert werden. An der Prominentia spiralis verdünnt sich das Epithel stark und ist auf deren Höhe vielfach überhaupt nicht mehr nachzuweisen. Es kommt hier nämlich, wie Hann nachgewiesen, zu einer so innigen Durchwachsung von Epithel und Bindegewebe, daß beide nicht mehr zu unterscheiden sind. Im Sulcus spiralis ex-

ternus ist das Epithel wieder höher, aber auch hier treten Epithel und Bindegewebe in Konnex, indem sich die Epithelzellen mit Fortsätzen in das Bindegewebe hinein erstrecken.

Die dritte, untere, die sog. tympanale Wand des Schneckenganges zeigt uns den kompliziertesten Bau von allen Teilen des Gehörorgans (Taf. CII, Fig. 413). In dem der Peripherie der Schnecke näher gelegenen Teil wird dieselbe durch die Lamina basilaris gebildet; in dem inneren, der Schneckenachse näher gelegenen Teile dagegen finden wir eine dicke Bindegewebsschicht, welche sich mit dem Periost der oberen, vestibularen Oberfläche der Lamina spiralis ossea verbindet; sie bildet ein Bindegewebspolster und wird als Limbus laminae spiralis bezeichnet. Derselbe verdickt sich allmählich nach der Schneckenperipherie zu und geht schließlich in zwei Lippen über: Labium vestibulare und Labium tympanicum. Das Labium vestibulare ragt frei in den Ductus cochlearis, das Labium tympanicum setzt sich in die Lamina basilaris fort.

Nach Entfernung der Reißnerschen Membran und des den Limbus bedeckenden Epithels sehen wir, daß der Limbus, der ja eine in der Schnecke spiralig in die Höhe steigende Leiste darstellt, durch radiäre Furchen in einzelne Zähne zerlegt wird, die Huschkeschen Gehörzähne. Ihre Zahl beträgt nach Retzius 2500. Nach innen zu, der Schneckenachse näher, sehen wir, daß die Substanz des Limbus kleinere Erhebungen von unregelmäßiger Gestalt bildet, die in Form von niedrigen Papillen in mehreren Reihen gelagert sind. Das Gewebe des Limbus ähnelt dem des Lig. spirale, ist aber möglicherweise noch fester; nach oben zu zeigt es keine zelligen Einlagerungen mehr und wird homogen, glasig. Der Limbus ist von einem einschichtigen, niedrigen Epithel überzogen, dessen Zellen von der Firste der Hörzähne bis in die Tiefe der die Zähne und die Papillen trennenden Furchen hineinragen, dieselbe ausfüllen, dabei jedoch mehr kubisch werden. Lateralwärts geht es in die kubischen Zellen des Sulcus spiralis internus über (Fig. 412 u. Taf. CII, Fig. 413). Die Lamina basilaris spannt sich zwischen dem Labium tympanicum, der Lamina spiralis ossea und der Crista basilaris aus. Sie zeichnet sich durch den Besitz radiär verlaufender Fasern, der Gehörsaiten, aus. Die Saitenlänge nimmt von der Schneckenbasis nach der Schneckenspitze fortwährend zu und ihre Gesamtzahl in der Schnecke wird von Retzius auf 24000 berechnet. Sie liegen innerhalb einer homogenen Masse, gehen nach außen kontinuierlich in die Fasern der Crista basilaris über und werden vestibularwärts von einer kernhaltigen Grenzschicht, tympanalwärts von einer mehrfachen Lage spindeliger, nur locker aneinander liegender Zellen, der tympanalen Belegschicht, umgeben (Taf. CII, Fig. 413).

Zwischen Sulcus spiralis internus und externus baut sich nun, auf der Membrana basilaris ruhend, das Cortische Organ, die Papilla spiralis, auf (Taf. CII, Fig. 413 u. Fig. 414). Es zieht sich als spiralig gewundene Leiste durch die ganze Länge des Ductus cochlearis, nur im Anfang, im Vorhofsblindsack ist es noch nicht vorhanden und im Ende, im Kuppelblindsack, ist es wieder verschwunden. An einem durch die Schneckenachse geführten Längsschnitt erkennen wir, daß die Elemente des Cortischen Organs sich um zwei eigenartige, auf der Membrana basilaris ruhende Zellen, die beiden Pfeiler, gruppieren. Der eine, der innere Pfeiler, ist beim Menschen nur wenig geneigt; er ist der kürzere von beiden und erhebt sich mit breiter Fußplatte aus der Basilarmembran, verjüngt sich dann und

Fig. 414. Schema des Stützapparates des Cortischen Organes (nach Held).
Die Haarzellen sind nicht eingezeichnet.

geht in eine Art Kopf über, welcher außen eine pfannenartige Aushöhlung besitzt. Dieser Kopf verlängert sich in eine Platte, die Kopfplatte, die außen und innen wesentlich den Kopf überragt. Der äußere Pfeiler ist dagegen beträchtlich länger und beträchtlich stärker geneigt. Auch er erhebt sich mit breiter Fußplatte aus der Basilarmembran; sein verjüngter Körper zieht schräg nach innen oben und geht in einen Kopf über, der in die Pfanne des inneren Pfeilers genau hineinpaßt (Fig. 414 und 415). Innerhalb des Kopfes erkennt man einen rundlichen Innenkörper. Lateralwärts ist der Kopf in einen platten Fortsatz, den Phalangenfortsatz, verlängert. Beide Pfeiler bilden mit der Basilarmembran ein Dreieck, dessen Höhe und Grundfläche von der Schneckenbasis zur Spitze beständig zunehmen. Der

Winkel, den der innere Pfeiler mit der Basilarmembran bildet, bleibt ungefähr konstant; der äußere Pfeiler dagegen zeigt nach der Schneckenspitze zu eine immer stärkere Neigung.

Der von den beiden Pfeilern und der Basilarmembran eingeschlossene dreieckige Raum, der Cortische Tunnel, wird von einem protoplasmatischen Wandbelag der Pfeiler ausgekleidet; letzterer rührt von den beiden Bodenzellen her, deren Kern wir dicht der Membr. basilaris anliegend erkennen. Diese Bodenzellen stellen die Bildungszellen der Pfeiler, die letzteren selbst Kutikularbildungen dar. Ihre Substanz erscheint infolge von Einlagerung feiner Fibrillen längsgestreift.

Die Zahl der in der ganzen Schnecke nebeneinander angeordneten inneren Pfeiler ist größer als die der äußeren, so daß häufig ein innerer mit zwei äußeren artikulieren muß. Da die Pfeiler innerhalb der Pfeilerreihen sich nur mit den Köpfen und Fußplatten berühren, so müssen zwischen den Pfeilerkörpern Räume freibleiben, durch welche der Cortische Tunnel mit den angrenzenden Räumen kommuniziert.

Die Pfeiler sind die wichtigsten, aber keineswegs die einzigen Stützapparate des Cortischen Organs, es schließen sich nämlich an sie sowohl nach außen als nach innen noch weitere Stützzellen an, über deren Bau und Lagerung uns das Schema von Fig. 414 am besten orientiert. Für alle diese Stützzellen gilt als gemeinsames Merkmal, daß sie die ganze Dicke des Organs durchsetzen. Nach innen zu liegen zunächst dem inneren Pfeiler zwei Zellen an, die sich, mit ihrem Körper dicht aneinander geschlossen, aus der Membr. basilaris erheben; ungefähr in der Mitte der Epithelhöhe weichen die beiden Zellen auseinander, indem sie sich stark verdünnen und einen ovalen Zwischenraum zwischen sich lassen. Held bezeichnet die innere der beiden als Grenzzelle, die äußere als innere Phalangenzelle. Jede Grenzzelle endet oben mit einer kleinen Kopfplatte, jede Phalangenzelle mit einer ähnlichen Platte.

Nach außen schließen sich an den äußeren Pfeiler drei oder auch vier Stützzellen, welche wir als Deitersssche Zellen bezeichnen, und zwar so, daß zwischen der ersten Deitersschen Zelle und dem äußeren Pfeiler ein ziemlich beträchtlicher Raum freibleibt, der zwischen den äußeren Pfeilern hindurch mit dem Cortischen Tunnel kommuniziert und als Nuelscher Raum bezeichnet wird. Die Deitersschen Zellen sind zylindrische Zellen, sie reichen mit ihrem Körper bis ungefähr drei Viertel der Epitheldicke und gehen dann in einen Fortsatz, den Phalangenfortsatz, über, der noch das letzte Viertel der Epitheldicke durchsetzt und an der Epitheloberfläche in einer knöchelförmigen Kopfplatte endigt. Über ihre eigenartige Form gibt unser Schema hinreichend Aufklärung. Es zeigt uns ferner,

daß in allen Stützzellen, den inneren sowohl als den äußeren, besondere Systeme stützender Fasern verlaufen. Die Fasern erheben sich in geschlossenem Bündel aus dem Zellengrunde, strahlen nach oben trichterartig auseinander und enden da, wo die Zelle sich verjüngt, bzw. in den Phalangenfortsatz übergeht. In den Deitersschen Zellen tritt noch ein zentraler Faserstab hinzu, der die ganze Zellenlänge durchsetzt. Zentralkörperchen finden sich im oberen Ende einer jeden Deitersschen Zelle vor (Graf Spee, Held).

Die Haarzellen oder Hörzellen, die eigentlichen Sinneszellen des Cortischen Organs, erreichen auch hier noch weniger als in den Maculae und Cristae acusticae die Epithelbasis, d. h. die Membrana basilaris. Wir müssen natürlich wieder innere und äußere Haarzellen unterscheiden. Nach innen vom inneren Pfeiler findet sich auf dem Querschnitt des Cortischen Organs immer nur eine einzige

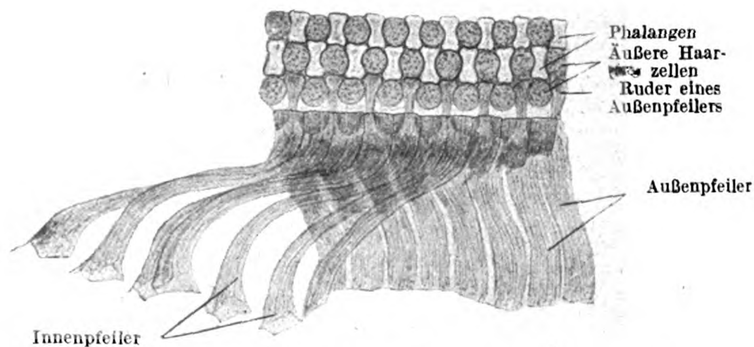


Fig. 415. Fragment des Cortischen Organs vom Kaninchen.
Ca. 470mal vergrößert.

Haarzelle, d. h. es liegen die inneren Haarzellen in dem Ductus cochlearis in einfacher Reihe, und zwar in der Zahl von 3300 nebeneinander den inneren Pfeilern innen an. Sie werden von dem oberen Ende der Grenzzellen und inneren Phalangenzellen vollkommen umgeben, erscheinen wie zwischen beide eingebettet. Die inneren Haarzellen haben eine ausgesprochen bauchige Form; oben werden sie durch einen Deckel verschlossen, aus dem 10—12 kurze Haare, die Hörhaare, hervorragen. In ihrem oberen Ende findet sich, außer einem Zentralkörperchen (Graf Spee), ein undeutlich fädiger Körper, der Hensensche Körper, in der Zellbasis eine ähnliche Masse, der Retziussche Körper, die beide in ihrer Bedeutung noch nicht völlig geklärt erscheinen.

Die äußeren Haarzellen (Taf. CII, Fig. 413, Fig. 415 u. 416) liegen dagegen zu mehreren nebeneinander, und zwar finden wir in den basalen Teilen des Ductus cochlearis drei, weiter nach oben vier Zellen nebeneinander. Sie liegen dementsprechend in dem Ductus cochlearis

in drei- bzw. vierfacher Reihe nebeneinander. Ihre Gesamtzahl beträgt beim Menschen nach Retzius 12 000. Der Bau der äußeren Haarzellen ist ähnlich dem der inneren. Ihre Gestalt ist aber etwas mehr zylindrisch. Aus der oberen Fläche ragen die Hörhaare hervor, welche kürzer sind wie in den äußeren Haarzellen. Mit ihren unteren verdickten Enden reichen die äußeren Haarzellen nur bis zur Hälfte der Epitheldicke, zwischen die Deitersschen Zellen eingebettet, welche mit ihren Stützfasern die Haarzellen trichterförmig umgeben. Jede äußere Haarzelle wird von ihrer Nachbarzelle durch einen Zwischenraum getrennt, in dem der Phalangenfortsatz einer entsprechenden Deitersschen Zelle verläuft.

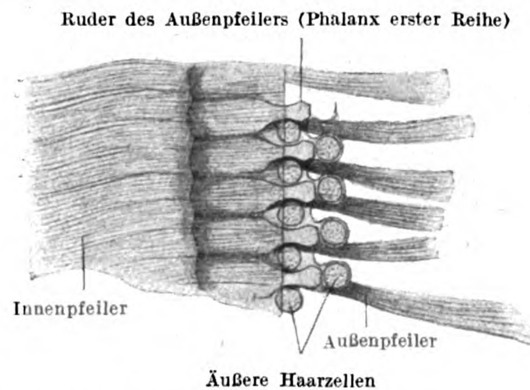


Fig. 416. Stück des Cortischen Organs vom Kaninchen, von der oberen Fläche gesehen. Ca. 370mal vergrößert.

Nach außen folgen auf die letzte Deiterssche Zelle die Hensenschen Zellen. Sie bilden einen, besonders in den mittleren Abschnitten des Schneckenganges, hohen Zellwall, der unvermittelt und steil abfällt und in ein mäßig hohes kubisches Epithel übergeht, dessen Zellen unter dem Namen der Claudiusschen Zellen bekannt sind (Taf. CII, Fig. 413). Sie liegen in einfacher Schicht der Membrana basilaris auf und führen allmählich in das Epithel des Sulcus spiralis externus über.

Nach innen von der Grenzzelle fällt das Epithel des Cortischen Organs ebenfalls sehr rasch ab und geht in die niedrig kubische Epithelauskleidung des Sulcus spiralis internus über.

Durch die umgewandelten oberen Enden sämtlicher Stützelemente, also durch die Kopfplatten der Grenzzellen, der inneren Phalangenzellen und inneren Pfeiler sowie der Phalangenfortsätze der äußeren Pfeiler, ferner durch die Kopfplatten sämtlicher Reihen von Deitersschen Zellen wird auf der Oberfläche des Cortischen Organs eine zusammenhängende Membran gebildet, in deren Öffnungen die Köpfe der Haarzellen hängen. Diese Membrana reticularis endigt innen mit den sich eng aneinander schließenden Kopfplatten der Grenzzellen, außen wird sie durch die gleichfalls aneinander geschlossenen Kopfplatten der letzten Reihe von Deitersschen Zellen geschlossen.

Zum Schlusse unserer Beschreibung des Cortischen Organs müssen wir noch eines eigenartigen Gebildes gedenken, welches sich als stark verdickte Membran vom Limbus spiralis herüber auf das Organ legt und so eine Brücke über den Sulcus spiralis internus schlägt,

die Membrana tectoria (Fig. 412 u. Taf. CII, Fig. 413). Wir können an ihr einen angewachsenen und einen freien Abschnitt unterscheiden. Ersterer liegt als feinstreifiges, dünnes, kutikulares Häutchen dem Epithel des Limbus laminae spiralis auf. An der freien Kante des letzteren angekommen, verdickt sich die Membran beträchtlich und geht in ihren freien Abschnitt über. Dieser überbrückt den Sulcus spiralis internus, legt sich auf das Cortische Organ und endet, sich allmählich wieder verschmälernd, über der letzten Deitersschen Zelle, meist mit leicht aufgebogenem Rand. In der Höhe der inneren Haarzellen verläuft auf der Unterfläche der Membran eine seichte Furche parallel zur freien Kante des Limbus, der Hensensche Streifen. Die Membran läßt eine deutliche Längsstreifung erkennen, die von der Einlagerung von Fasern in eine homogene Grundsubstanz herrührt. Viel umstritten ist die Frage nach der natürlichen Stellung der Membran. Meist findet man sie in den oberen Schneckenwindungen stärker von der Membrana reticularis abgehoben als in der Basalwindung. Nach Kreidl und Yanase stellt die abgehobene Membran den normalen physiologischen Zustand dar. Die Abhebung erfolgt erst nach der Geburt und fällt mit dem Eintritt des Hörvermögens zusammen.

Die Nerven der Schnecke sind die peripheren Ausläufer, die Dendriten der bipolaren Zellen des Ganglion spirale. Die Äste des N. cochleae treten durch die Löcher des Tractus spiralis in den Canalis spiralis ein, wo jede Faser in eine Ganglienzelle sich einsenkt. Aus dem gegenüberliegenden Zellpol tritt eine zweite Faser aus. Die austretenden Fasern bilden zunächst innerhalb des Spiralkanals einen dichten Plexus und treten dann zwischen die beiden Blätter der Lamina spiralis ossea ein. Hier verlieren sie ihre Markscheide und gelangen durch Löcher im Labium tympanicum des Limbus, die Foramina nervina, in das Cortische Organ hinein. Ein erstes Bündel tritt unter die Reihe der inneren Haarzellen und bildet hier einen dichten Plexus, aus dem die Fasern zu den unteren Haarzellenenden emporsteigen. Ein zweiter Strang tritt quer oder schräg zwischen den inneren Pfeilern hindurch, durchsetzt den Tunnelraum (Tunnelstrang), gelangt zwischen den äußeren Pfeilern und durch den Nuelschen Raum hindurch unter die äußeren Haarzellen und bildet hier ebensolche Plexus, aus denen die Fasern zu den Haarzellen aufsteigen. Die Endigung der Fasern an den Haarzellen ist im wesentlichen eine ähnliche wie in den Maculae und Cristae acusticae. Interessant ist noch die von Held mitgeteilte Beobachtung, daß innerhalb des Spiralplexus Fasern emporsteigen, die von Zeit zu Zeit Kollateralen ins Cortische Organ senden, also verschiedene Höhen des Ductus cochlearis miteinander verbinden.

Die Endolymphe ist, ebenso wie die Perilymphe, eine wasserhelle Flüssigkeit ohne geformte Bestandteile, welche Spuren von

Eiweiß enthält. Als Absonderungsort der Endolymphe darf mit ziemlicher Sicherheit die Stria vascularis bezeichnet werden.

Die Blutgefäße und Lymphbahnen des häutigen Labyrinthes.

Über die Blutversorgung des häutigen Labyrinthes besitzen wir sehr sorgfältige Untersuchungen von Eichler und Siebenmann, denen wir folgendes entnehmen können. Die A. auditiva interna, ein Ast der A. basilaris, spaltet sich im Grunde des inneren Gehörganges in drei Zweige, die durch die knöcherne Verschlußplatte mit den Nerven zum häutigen Labyrinthe gelangen.

Die A. vestibularis versorgt die laterale obere Hälfte des Sakkulus und Utrikulus, sowie die Ampullen des oberen und äußeren Bogenganges.

Die A. vestibulo-cochlearis spaltet sich wieder in zwei Zweige. Der Ramus vestibularis versorgt die mediale untere Partie des Sakkulus, den Utrikulus samt den dazu gehörigen Bogenschenkeln und der hinteren Ampulle und greift auch noch auf den Vorhofsblindsack der Schnecke über. Der Ramus cochlearis versorgt das erste Drittel der ersten Schneckenwindung.

Die A. cochlearis tritt mit mehreren Zweigen in den Canalis centralis modioli ein, die von hier aus teils in den Spiralkanal und mit den Nerven zwischen die Blätter der Lamina spiralis ossea gelangen, teils in die knöcherne Zwischenwand der Windungen eintreten und zum Periost der Skalen, sowie zum Lig. spirale gelangen. Innerhalb des Ductus cochlearis dringen die Gefäße einerseits in den Limbus laminae spiralis vor, andererseits erreichen die im Periost der Paukentreppe verlaufenden Zweige die Membrana basilaris von dem Labium tympanicum der Lamina spiralis aus und dringen hier in Form von Arkaden ein kleines Stück weit bis jenseits des inneren Pfeilers vor. Hier steigt am Boden des Cortischen Tunnels innerhalb der tympanalen Belegschicht ein Gefäß, das Vas spirale, spiralig im Schneckengang empor. Der ganze übrige Teil der tympanalen Wand ist gefäßlos. Sehr reich mit Gefäßen versorgt ist das Lig. spirale, vor allem in der Gegend der Stria vascularis. In der Prominentia spiralis verläuft dicht unter dem Epithel ein Gefäß, das Vas prominens. Vas spirale und Vas prominens sind als präkapillare Venen zu bezeichnen.

Das venöse Blut sammelt sich in drei Venenstämmen:

die V. aquaeductus vestibuli führt das venöse Blut aus den Bogengängen und einem Teil des Utrikulus fort;

die V. aquaeductus cochleae nimmt den übrigen Teil des Utrikulusblutes, das Blut des Sakkulus und einen Teil des Schneckenblutes auf. In sie ergießen sich die beiden Vv. spirales, eine obere

und eine untere, die aus den entsprechenden Abschnitten der Schnecke kommen und aus kleinen Venen entstehen, die hauptsächlich in dem Periost der Scala tympani verlaufen und das Vas prominens und das Vas spirale aufnehmen;

die V. spiralis modioli verläuft dicht neben dem Labium tympanicum laminae spiralis osseae und nimmt das Blut aus dem Spiralkanal und aus dem Limbus spiralis auf. Sie mündet in die V. auditiva interna.

Eigentliche Lymphgefäße besitzt das innere Ohr nicht; als Lymphräume funktionieren dagegen einmal der ganze Innenraum des häutigen Labyrinthes, der Endolymphraum mit seinem Ductus und Saccus endolymphaticus und ferner die Perilymphräume, die durch den Ductus perilymphaticus mit den den Bulbus v. jugularis umgebenden Lymphräumen in Verbindung stehen.

Das Mittelohr.

Die Paukenhöhle ist mit einer Schleimhaut ausgekleidet, welche sämtliche in ihr gelegenen Gebilde und die Innenfläche des Trommelfells überzieht und im Ostium tympanicum tubae sich in die Schleimhaut der Tuba auditiva fortsetzt. Sie ist im allgemeinen dünn, reich vaskularisiert und besitzt keine eigentliche Submukosa, sondern die Propria geht direkt in das Periost des Knochens über. Das Schleimhautepithel ist einschichtig, teils niedrig, wie auf den Gehörknöchelchen und auf der Innenfläche des Trommelfells, teils höher kubisch, wie auf dem Boden der Paukenhöhle. Hier trägt das Epithel auch konstant Flimmern, die man gelegentlich auch an anderen Stellen nachweisen kann. Im übrigen herrschen über den Bau dieses Epithels mannigfache Kontroversen; das Vorkommen von Drüsen in der Paukenhöhlenschleimhaut war gleichfalls viel umstritten, doch darf wohl heute als sicher gelten, daß die Paukenhöhlenschleimhaut des Menschen keine Drüsen führt. Die Propria der Schleimhaut ist nicht überall gleichmäßig dick, sondern bildet vielfach Leisten und Kämme, die sich miteinander verbinden und sich dabei stellenweise verdicken können. So kommen besonders im Sinus tympani und am Trommelfell eigenartige, mit Epithel überzogene Bildungen zustande, die man als dendritische Gebilde bezeichnet.

Die Paukenhöhle besitzt eine reiche Blutversorgung. In der Propria findet sich ein arterielles und ein venöses Netz von dem die Kapillaren bis dicht unter das Epithel ziehen. Die Lymphgefäße verlaufen hauptsächlich im Periost, die abführenden Stämme führen zu den Lymphdrüsen an der Wurzel des Proc. mastoideus.

Die Nerven bilden in der Schleimhaut ein weitmaschiges Geflecht, in das nach Krause zahlreiche Ganglien eingelagert sind.

Die **Gehörknöchelchen** bestehen aus einer kompakten Knochenmasse, die im Inneren um kleine Markräume herum in eine schwache Spongiosa übergeht. An denjenigen Stellen, an welchen sich die Knöchelchen gelenkig miteinander verbinden und da, wo sie mit der Paukenhöhlenwand und dem Trommelfell in Verbindung treten, sind sie mit hyalinem Knorpel überzogen. Die beiden Gelenke, Hammer-Amboß- und Amboß-Steigbügelgelenk, sind durch einen Gelenkmeniskus in zwei Kammern geschieden. Der Meniskus besteht aus Bindegewebsknorpel. Die Verbindung der Steigbügelfußplatte mit dem Rande des ovalen Fensters ist eine ziemlich straffe. Sie wird durch ein bindegewebiges Band, das Lig. annulare, hergestellt.

Die **Muskeln der Paukenhöhle** setzen sich aus quergestreiften Muskelfasern zusammen, die keine besonderen Merkmale aufweisen. Die Nerven endigen an ihnen teils in Form von motorischen Endplatten, teils in eingekapselten sensiblen Endapparaten, mit denen auch ihre Sehnen reichlich versorgt sind.

Die **Tuba auditiva** stellt die Verbindung der Paukenhöhle mit der Rachenhöhle dar, ihre Schleimhaut ist eine direkte Fortsetzung der Paukenhöhlenschleimhaut. Das ungefähr 40 μ dicke Epithel ist ein zweizeiliges flimmerndes Zylinderepithel, das besonders in der Tiefe der Schleimhautfalten auch Becherzellen enthält. Propria und Submukosa sind ziemlich dünn, so daß die Schleimhaut fast unbeweglich am Knochen oder Knorpel haftet. Die Schleimhaut ist auch unter normalen Umständen immer mit Lymphozyten stark infiltriert, und zwar um so stärker, je mehr man sich dem Ostium pharyngeum nähert. Hier kommt es zur Bildung von kleineren oder größeren Lymphfollikeln, die in ihrer Gesamtheit von Gerlach als **Tubenmandel** bezeichnet wurden. Während die mediale Tubenwand vorwiegend solche lymphoiden Einlagerungen zeigt, enthält die laterale Wand zahlreiche Schleimdrüsen. Der Tubenknorpel besteht seiner Hauptmasse nach aus Hyalinknorpel, doch finden sich zahlreiche in ihn eingesprengte Inseln von elastischem Knorpel und es strahlen in der Knorpelrinne auch kollagene Fasern in den Hyalinknorpel ein, so daß wir hier auch Bindegewebsknorpel haben.

Das Trommelfell.

Das Trommelfell bildet die Grenze zwischen Mittel- und äußerem Ohr; es gehört beiden gemeinsam an, da sowohl das Mittelohr mit seiner von der Kopfdarmhöhle stammenden Schleimhaut, als auch die äußere Haut zu seiner Bildung beitragen.

Wir können am Trommelfell von innen nach außen drei Schichten unterscheiden:

1. die Schleimhaut, Stratum mucosum,
2. die bindegewebige Grundschicht, Substantia propria und
3. die Hautschicht, Stratum cutaneum.

Die Schleimhaut des Trommelfells ist außerordentlich dünn und zart. Auf einer ganz minimalen bindegewebigen Tunica propria sitzt nach innen zu eine Lage niedriger, kubischer Zellen, die in den Randpartien allmählich etwas höher werden. An manchen Stellen, z. B. an der Übergangsstelle der Membrana tensa in die Membrana flaccida, bildet die Propria eigentümliche verzweigte Balken, welche von Gruber als dendritisches Fasergebilde des Trommelfells beschrieben wurden.

Die Substantia propria macht den wichtigsten Bestandteil des Trommelfells aus und besteht aus langen, platten Bündeln von Bindegewebsfasern, welche eine durchaus charakteristische Anordnung zeigen. Jedes Bündel wird, ähnlich wie die Sehnenbündel, von Bindegewebszellen umscheidet, die man auch, in Vergleich mit den Hornhautkörperchen, als Trommelfellkörperchen bezeichnet hat. Die Bindegewebsbündel sind in zwei Lagen angeordnet, in eine innere zirkuläre und eine äußere radiäre. In der ersteren verlaufen die Bündel konzentrisch um den Umbo als Mittelpunkt herum, in der Radiärschicht dagegen strahlen sie, wenigstens in den beiden unteren Quadranten, vom Umbo aus radiär zur Peripherie, wobei sie sich rechtwinklig mit den zirkulär verlaufenden Fasern kreuzen; in den beiden oberen Quadranten dagegen bilden die von der Peripherie zum Hammergriff laufenden Radiärfasern mit der sog. Stria malleolaris einen spitzen Winkel, der nach oben zu immer spitzer wird. Die obersten Fasern der beiden oberen Quadranten schließen sich nicht zusammen, sondern lassen einen dreieckigen Raum, das Trigonum interradiale, frei. In den mittleren Teilen des Trommelfells liegen die Radiärfasern dichter als in den peripheren. An der Peripherie gehen diese Radiärfasern direkt in den Ringwulst, den Annulus fibrosus, über, einen auf dem Querschnitt dreieckigen sehnigen Ring, der den Sulcus tympanicus ausfüllt, sehr viele elastische Fasern enthält und die Verbindung des Trommelfells mit dem Knochen vermittelt. In der Nähe des Ringwulstes, also in den peripheren Trommelfellpartien, kommt es auch zu einer Durchflechtung von Radiär- und Zirkulärfaserschicht, im Zentrum, im Umbo ist erstere fast allein vorhanden und sind die Zirkulärfasern hier kaum noch nachzuweisen.

Mit dem Trommelfell ist bekanntlich der Hammergriff in der Stria malleolaris sehr fest seiner ganzen Länge nach verbunden, und zwar wird diese Verbindung im wesentlichen durch die Radiärfasern hergestellt. Diese strahlen in das den Hammergriff umhüllende Periost ein, so daß Faserzüge entstehen, die den Knochen schleifenförmig umziehen. Nur im Gebiet des Processus brevis, wo die Radiär-

fasern ja schlecht entwickelt sind, wird die Verbindung zwischen Hammer und Trommelfell von den Zirkulärfasern besorgt. Der Hammergriff ist, wie schon früher bemerkt wurde, an seiner dem Trommelfell anliegenden Fläche mit Hyalinknorpel überzogen.

Im Gebiet der Membrana flaccida fehlt die Substantia propria fast vollständig; das lockere Bindegewebe, das hier an deren Stelle tritt, müssen wir als Subkutis auffassen.

Elastische Fasern fehlen der Substantia propria des Trommelfells mit Ausnahme des Ringwulstes vollkommen und das Trommelfell scheint auch eine ganz unelastische Membran zu sein.

Die Hautschicht des Trommelfells zeigt eine nur sehr spärliche Kutis ohne jede Papillenbildung, nur längs des Hammergriffes in der Gegend des sog. Kutisstranges findet sich eine dickere Kutis. Das Epithel ist die geschichtete Epidermis mit verhornten Zellen in den äußersten Schichten. Die Keimschicht ist auf 2—3 Zelllagen reduziert.

Die Arterien des Trommelfells bilden ein Hautnetz und ein Schleimhautnetz, und zwar strahlen die Hauptzweige von der in der Stria malleolaris verlaufenden A. manubrii mallei radiär nach allen Seiten aus und verbinden sich mit kleinen Zweigen, welche radiär von der Wand des äußeren Gehörganges eindringen. Das Schleimhautnetz wird von kleinen Zweigen der A. tympanica gebildet. Die Venen verhalten sich ähnlich wie die Arterien.

Die Lymphgefäße bilden ein Hautnetz, ein Proprianetz und ein Schleimhautnetz, die abführenden Gefäße dringen durch die Wand des äußeren Gehörganges zu den am Ansatz des M. sternocleidomastoideus liegenden Lymphdrüsen.

In das Trommelfell gelangen vom äußeren Gehörgang mehr Nerven als von der Trommelhöhle aus. Vor allem bilden die Nerven einen Plexus in der Substantia propria, überdies auch Geflechte in der Schleimhaut und Hautschicht, die in baumförmige, dicht unter dem Epithel gelegene Endverzweigungen übergehen. Innerhalb des Epithels der Hautschicht bilden sie freie Endarborisationen, in der Peripherie des Trommelfells dagegen enden sie in modifizierten Vater-Pacinischen Körperchen. Die Blutgefäße des Trommelfells sind reichlich mit Nerven versorgt (Wilson).

Das äußere Ohr.

Die Haut des äußeren Gehörganges ist in den verschiedenen Abschnitten von ungleicher Dicke, von 0,1 bis 1,5 mm. Ihre Epidermis ist relativ dünn, Papillen sind nur unvollkommen entwickelt. Sie ist durch ein subkutanes Gewebe mit dem Knochen oder Knorpel verbunden. Die Haut enthält im häutigen und im Dachteil

des knöchernen Gehörganges zahlreiche feine Härchen, kleine Talgdrüsen und häufig mit ihnen zusammen in den Haarbalg mündende große Drüsen, die sog. Ohrschmalzdrüsen, Glandulae ceruminales. Diese letzteren führen ihren Namen zu Unrecht, denn das eigentliche Ohrschmalz, eine weiß-gelbliche Schmiere, wird nur von den Talgdrüsen geliefert, die Glandulae ceruminales dagegen liefern, gleich den Schweißdrüsen, denen sie im Bau durchaus ähnlich sind, eine zum Feuchthalten des Talgdrüsensekrets dienende Flüssigkeit (Schwalbe, Kishi). Die Ohrschmalzdrüsen sind große Schweißdrüsen, von gewöhnlichen Schweißdrüsen nur dadurch unterschieden, daß ihr Ausführungsgang eine sehr beträchtliche Erweiterung erfährt und ihre sezernierenden Zellen zahlreiche Pigmentkörnchen enthalten.

Der Knorpel des äußeren Gehörganges ist elastischer Knorpel.

Die Ohrmuschel setzt sich aus dem Ohrknorpel und der ihn überziehenden Haut zusammen, wozu noch die inkonstanten Muskeln treten. Die Haut ist auf der Ohrmuschel meist sehr dünn, die Papillen des Koriums sind niedrig, das subkutane Gewebe ist auf der Hinterfläche reichlicher entwickelt als auf der Vorderfläche, am reichlichsten im Lobulus, wo es auch stark mit Fett durchsetzt ist. Die Haut enthält kleine Haare und Talgdrüsen; Schweißdrüsen finden sich nur an wenigen Stellen, so im Lobulus und der Incisura anterior. Die Knorpel der Ohrmuschel sind elastische Knorpel.

4. Das Geruchsorgan.

Der Sitz des Geruchsorgans ist beim Menschen auf diejenigen Partien der Nasenhöhlenschleimhaut beschränkt, welche die obere Muschel und die oberen hinteren Teile des Septum narium bedecken, bei Tieren kann dagegen diese Riechschleimhaut weit umfangreichere Bezirke der Nasenhöhle einnehmen. Wenn also die Nase nur in einem ganz beschränkten Maße als Geruchsorgan bezeichnet werden darf, so wollen wir doch hier im Zusammenhang den Bau der gesamten Nasenhöhlenschleimhaut besprechen.

Mit Rücksicht auf den Bau dieser Schleimhaut können wir die Nasenhöhle in drei Abteilungen zerlegen:

die Regio vestibularis,
die Regio respiratoria und
die Regio olfactoria.

Die Regio vestibularis nimmt das Vestibulum nasi ein; ihre Auskleidung ist eine direkte Fortsetzung der äußeren Haut und besitzt zunächst gleich dieser ein verhorntes, geschichtetes Epithel mit Haaren (Vibrissae) und Talgdrüsen. Doch schon bald hinter den Nasenlöchern verlieren sich die Haare und die Talgdrüsen, ebenso

wie die Verhornung der oberflächlichen Zellschichten und wir haben nun als Bedeckung ein dünnes, geschichtetes Plattenepithel, das einer ebenfalls schwach entwickelten Propria mit niedrigen Papillen aufsitzt. Dieses Verhalten findet sich im gesamten Vorhof.

Die Regio respiratoria umfaßt den größten Teil der Nasenhöhle und charakterisiert sich durch den Besitz eines mehrzeiligen Flimmerepithels und zahlreicher Drüsen. Der Übergang der Regio vestibularis in die Regio respiratoria findet gewöhnlich am vorderen Ende der unteren Muschel, im Beginn des Meatus nasi inferior und im Atrium meatus nasi medii statt. An die Stelle des geschichteten Plattenepithels tritt ein mehrreihiges flimmerndes Zylinderepithel, das übrigens nach Kallius, Rugani, Kubo u. a. nicht mehrreihig, sondern typisch mehrschichtig ist. Es hat eine Dicke von 40 bis 50 μ und führt zwischen den Zylinderzellen zahlreiche Becherzellen. Die Flimmerung geht von vorne nach hinten, also nach der Choane zu. Unter dem Epithel liegt eine deutliche Basalmembran. Die Propria ist besonders auf der unteren Muschel sehr stark entwickelt und enthält zahlreiche elastische Fasern und Drüsen, außerdem ein sehr reich entwickeltes Venengeflecht, welches die Propria in eine Art Schwellkörper umwandelt. Die Venen zeichnen sich durch starke muskulöse Wandungen aus. Die Propria geht ohne scharfe Grenze in die Submukosa über, die die Schleimhaut mit dem Periost verbindet. Nicht selten trifft man in der Propria, besonders in der der unteren Muschel, zahlreiche Lymphozyten, die zur lymphoiden Infiltration führen können; dies ist aber schon als pathologischer Zustand zu betrachten (Kubo).

Über die Natur der in der Regio respiratoria sich findenden Drüsen ist eine Einigung zur Zeit noch nicht erzielt. R. Heidenhain und seine Schüler bezeichnen sie als seröse, Schiefferdecker und Maziarski als rein muköse Drüsen, Stöhr, Schmincke, Kallius und von Ebner endlich als gemischte Drüsen. Es sind dies verzweigt alveoläre Drüsen, deren Ausführungsgänge zwischen den Zylinderzellen des Epithels münden.

Die Regio olfactoria nimmt, wie erwähnt, nur die oberste, mittlere und hintere Partie des Septum narium, sowie die obere Muschel ein und unterscheidet sich von der lebhaft rot gefärbten Schleimhaut der Pars respiratoria schon makroskopisch durch ihre gelbliche Verfärbung. Das Epithel der Regio olfactoria, welches das Epithel der Regio respiratoria an Höhe übertrifft, ist ein Neuroepithel und besteht demnach aus Stützzellen und Sinneszellen (Fig. 417), wozu noch eine tiefe Lage kegelförmiger Zellen, Basalzellen, kommt. Die Stützzellen durchsetzen die ganze Dicke des Epithels. Ihr zylindrischer Körper beginnt an der Oberfläche, verdickt sich im zweiten Drittel seines Verlaufs schwach zur Aufnahme des Kerns, besitzt

zahlreiche, längsverlaufende Einbuchtungen und teilt sich in seinem letzten Drittel gewöhnlich in mehrere Fortsätze, Füße, mit denen er der Propria aufsitzt. Auf der freien Oberfläche trägt jede Stützzelle einen feinen Stäbchensaum (von Brunn). Die Kerne sind meist ovoid und nehmen ungefähr die Mitte der Epitheldicke ein.

Die Riechzelle ist beträchtlich schmäler. Sie beginnt an der Epitheloberfläche mit dem schmalen, zwischen den Stützzellen emporsteigenden peripheren Fortsatz und verdickt sich jenseits der Stützzellenkernreihe zu einem ovoiden Zellkörper, der also innerhalb der basalen Hälfte der Epitheldicke liegt, aber niemals bis zur Epithelgrenze selbst herunterragt. Aus dem proximalen Ende des Zellkörpers tritt ein sehr dünner Fortsatz hervor, der zentrale Fortsatz der Riechzelle, der das Epithel verläßt und zu einer marklosen Faser des N. olfactorius wird. Der periphere, dickere Fortsatz der Zelle überragt mit einem kleinen Köpfchen die Epitheloberfläche, aus welchem 6 bis 8 kurze Härchen, die Riechhärchen, hervorstehen. Die Kerne der Riechzellen sind kugelig und liegen unterhalb der Stützzellenkerne in verschiedenen Höhenlagen.

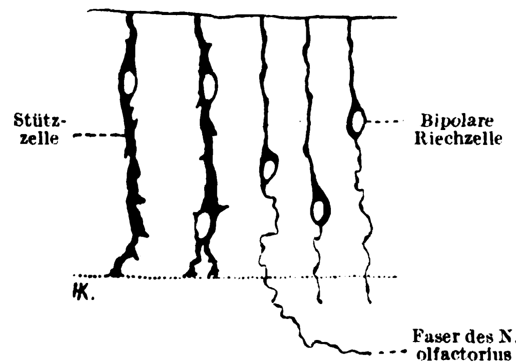


Fig. 417. Aus einem senkrechten Schnitt durch die Schleimhaut der Regio olfactoria eines ganz jungen Hundes (Golgische Methode).
Ca. 450mal vergrößert.

Die Basalzellen haben Kegelform und sitzen in einfacher Schicht mit ihren Basen der Membrana propria auf. Ihre Spitzen ragen ein Stück weit zwischen den Riech- und Stützzellen empor. Ihre Kerne bilden die tiefste Kernschicht des Epithels.

Eine Basalmembran fehlt der Regio olfactoria. Die Tunica propria enthält nur wenig elastische Fasern und geht in die aus lockerem Bindegewebe mit zahlreichen elastischen Fasern bestehende Submukosa über, die die Schleimhaut ans Periost heftet. In der Propria finden sich zahlreiche echte seröse Drüsen, die Bowmanschen Drüsen, Glandulae olfactoriae. (Fig. 418.) Der Ausführungsgang einer jeden Drüse mündet zwischen den Riech- und Stützzellen und ist bis zur Epitheloberfläche von platten, spindeligen Zellen in einfacher Schicht ausgekleidet. Dicht unter dem Epithel erweitert er sich mehr oder weniger stark blasig und in diese Erweiterung münden dann mehrere unverästelte, blind endigende Drüsenröhrchen. Wir können deshalb die Bowmanschen Drüsen als verzweigt tubulös

bezeichnen. Die blasige Erweiterung und die in sie einmündenden Tubuli sind mit kubischen, körnchenhaltigen Zellen ausgekleidet.

Die Blutgefäße der Nasenschleimhaut zeichnen sich vor allem dadurch aus, daß die Arterien relativ eng, die Venen dagegen sehr weit sind. Die Arterien zerfallen in drei Kapillarsysteme, ein periostales, ein glanduläres und ein subepitheliales (Zuckerkandl). Am reichsten entwickelt ist das glanduläre, das die Drüsen mit dichten Maschen umspinnt. Alle drei Kapillarsysteme münden nun in erweiterte Venen, die innerhalb der Propria und Submukosa liegen und hier ein weitmaschiges Netz bilden. Diese Venen nehmen inso-

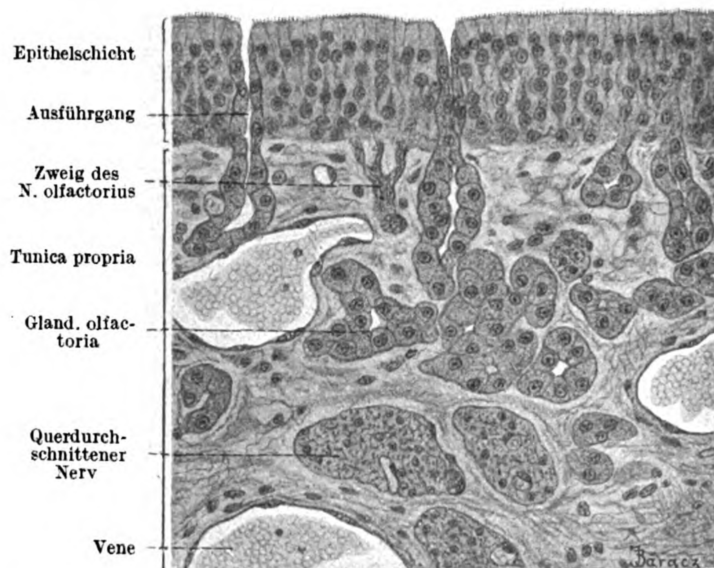


Fig. 418. Senkrechter Schnitt durch die Schleimhaut der Regio olfactoria eines Kaninchens.

Ca. 360mal vergrößert.

fern eine Mittelstellung zwischen Venen und Arterien ein, als sie eine stark muskulöse Wandung besitzen.

Die Lymphgefäße der Nasenschleimhaut sind deshalb von Bedeutung, weil sie in Verbindung mit dem Subarachnoidealraum des Gehirns stehen (Key und Retzius). Diese Verbindung wird einmal durch die Lymphscheiden des N. olfactorius und seiner Fasern, dann aber auch durch direkte Kommunikationen hergestellt. Die Lymphgefäße bilden innerhalb der Propria Netze, von denen aus wandungslose Kanälchen zwischen den Epithelzellen emporsteigen und an der Oberfläche münden (Key und Retzius).

Die Nerven der Nasenschleimhaut werden vornehmlich von den aus den zentralen Fortsätzen der Riechzellen hervorgehenden Olfaktoriusfasern gebildet. Außerdem enden aber nicht nur in der

Schleimhaut der Regio respiratoria, sondern auch in der Regio olfactoria zahlreiche sensible Trigeminusfasern frei mit ihren Endzweigen zwischen den Epithelzellen.

Das Jacobsonsche Organ ist beim Menschen nur noch rudimentär, stellt aber bei Tieren ein hochentwickeltes Organ dar, das vom N. olfactorius aus versorgt wird. Seine Schleimhaut hat völlig den Charakter der Riechschleimhaut.

5. Das Geschmacksorgan.

Die Geschmacksempfindungen werden durch knospenförmige Organe, die Geschmacksknospen, Schmeckbecher, Caliculi gustatorii, vermittelt, welche sich beim Menschen vor allem im Zungenepithel, und zwar zahlreich in dem der Papillae circumvallatae und

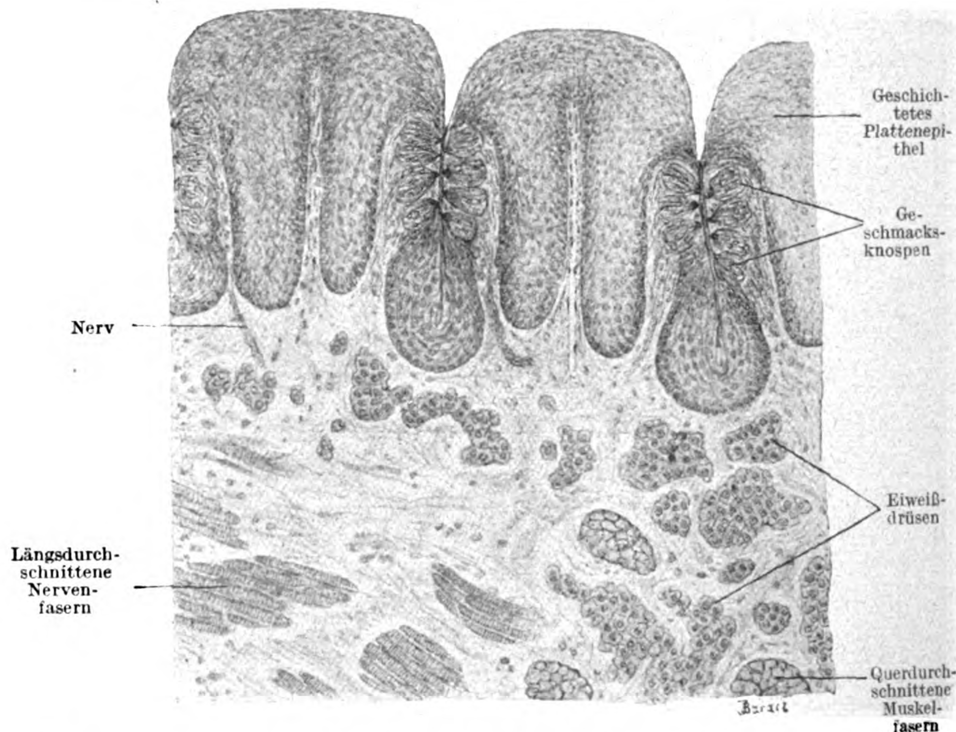


Fig. 419. Senkrechter Durchschnitt durch die Leistchen der Papilla foliata des Kaninchens.

Ca. 100mal vergrößert.

foliatae (Fig. 419 und 420), spärlicher in dem der Papillae fungiformes vorfinden, dann aber auch zerstreut in dem Epithel des weichen Gaumens und der Hinterfläche der Epiglottis liegen. Ihre Zahl ist beim Neugeborenen sehr groß, erleidet aber im Laufe des Kindesalters eine ganz beträchtliche Rückbildung (Stahr).

Es sind schmälere oder dickere ovoide Knospen, welche in dem geschichteten Epithel immer die ganze Epitheldicke durchsetzen und so gestellt sind, daß ihre Längsachse senkrecht zur Epitheloberfläche zu stehen kommt. An die Knospenbasis treten die Nerven heran, die Spitze der Knospe liegt im Grunde einer kleinen, etwa 4 μ weiten Öffnung, welche von den oberflächlichen Zellschichten des Epithels in der Knospenachse frei gelassen wird. Wir bezeichnen sie als den Geschmacksporus.

Wie jedes Neuroepithel setzt sich auch das der Geschmacksknospen aus Stütz- und Sinneszellen zusammen (Fig. 421).

Die Stützzellen lassen zwei Formen erkennen. Im Innern der Knospe sind sie gerade, gestreckt, nehmen von dem Geschmacks-

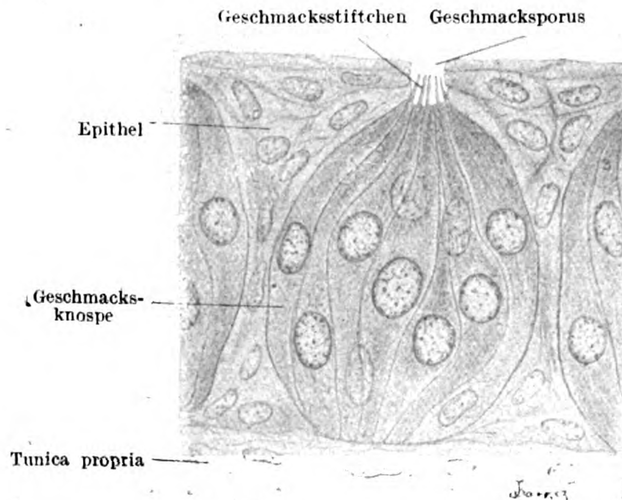


Fig. 420. Geschmacksknospe aus der Papilla foliata eines Kaninchens. Ca. 850mal vergrößert.

porus bis zur Knospenbasis allmählich an Dicke zu und enden mit kurzen fußförmigen Verzweigungen. In der Peripherie der Knospe sind die Zellen ähnlich gebaut, verlaufen aber mehr bogenförmig. Alle Stützzellen besitzen einen großen ovoiden Kern mit deutlichem Chromatinnetze. Ihr oberes Ende ist zugespitzt und mit einem feingestrichelten Kutikularsaum bedeckt (Hermann, Gråberg). Die Ausläufer der Zellbasis verbinden sich mit den Ausläufern einer zweiten Art von Stützzellen, welche in Form großer verästelter Zellen die Knospenbasis einnehmen (Basalzellen von Hermann).

Die Geschmackszellen oder Schmeckzellen sind lange, spindelige Gebilde; sie liegen überall, auch in der Knospenperipherie, zwischen den Stützzellen. An einer Stelle, bald weiter oben, bald tiefer unten, zeigt die Spindel eine leichte Verdickung, welche einen

länglichen Kern enthält, der immer beträchtlich kleiner ist als der Stützzellenkern. Unten sitzt die Zelle mit etwas verbreitertem Fuß oder kleiner Verdickung dem Basalzellenlager auf, oben läuft sie in einen feinen, aus dem Geschmacksporus herausragenden Fortsatz, das Geschmacksstiftchen, aus. Nach Retzius besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Zellarten, denn es finden sich zwischen ihnen die mannigfachsten Übergangsformen, die sich auf verschiedene Funktionszustände zurückführen lassen.

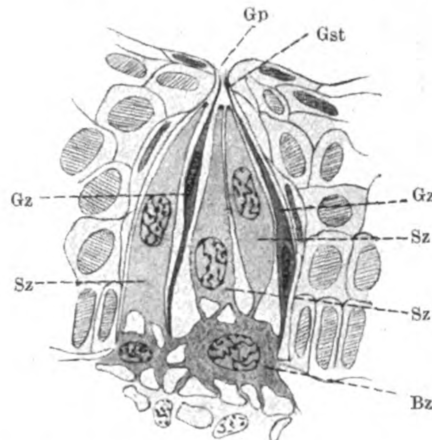


Fig. 421. Schema einer Geschmacksknospe (nach Gråberg).

Gp = Geschmacksporus, Gst = Geschmacksstiftchen, Gz = Geschmackszelle, Sz = Stützzelle, Bz = Basalzelle.

Jede Geschmacksknospe ist von einem perigemmalen Spaltraum umgeben, der nach oben mit dem Geschmacksporus, nach unten mit dem unter der Knospenbasis gelegenen subgemmalen Spaltraum in Verbindung steht.

Die Nerven, Zweige des N. glossopharyngeus, bilden zunächst unterhalb einer jeden Knospe einen dichten subgemmalen Plexus; aus ihm treten Fasern in die Knospe selbst ein und umspinnen mit ihren Verästelungen sämtliche Zellen des Knospeninneren, intragemmale Fasern. Andere Fasern durchsetzen das geschichtete Epithel zwischen den Knospen, intergemmale Fasern, und bilden in der unmittelbaren Umgebung der Knospe ein dichtes Flechtwerk, den perigemmalen Plexus.

Allgemeine mikroskopische Technik.

Das Mikroskop.

Auf dem hier verfügbaren, knappen Raume ist es völlig unmöglich, eine, sei es auch nur oberflächliche Besprechung der Theorie und des Baues des Mikroskopes zu geben; so beschränken wir uns denn notgedrungen auf die folgenden allgemein orientierenden Bemerkungen. Jedem, der sich näher für unser Instrument interessiert, sei das kleine, aber treffliche Werkchen von S. Garten empfohlen: Leitfaden der Mikroskopie, 2. Auflage, Leipzig 1904.

Zur Untersuchung histologischer Präparate dienen optische Instrumente, deren wesentlichsten Bestandteil vergrößernde Linsen bilden. Wir unterscheiden von ihnen zwei Arten, die Lupe und das zusammengesetzte Mikroskop, schlechtweg auch als Mikroskop bezeichnet. Die Lupe besteht in ihrer einfachsten Form aus einer Konvexlinse, deren Vergrößerung von der Brennweite, deren Gesichtsfeldgröße von dem Durchmesser abhängig ist. Da aber eine gewöhnliche einfache Linse beträchtliche Abbildungsfehler besitzt, so setzt man heutzutage auch jede Lupe aus mehreren miteinander verkitteten Teillinsen zusammen, um die sphärische und chromatische Aberration zu beseitigen bzw. möglichst zu vermindern. So bestehen z. B. die bekannten aplanatischen Lupen aus einer mittleren bikonvexen Crownglaslinse, der jederseits ein Meniskus aus Flintglas aufgekittet ist. Die Lupenvergrößerung läßt sich jedoch über ein gewisses Maß nicht hinaustreiben (ca. 20 mal linear); und dann muß zu genaueren Untersuchungen an Stelle der Lupe das zusammengesetzte Mikroskop treten, das anstatt der einen Linse zwei in bestimmtem Abstand stehende Linsensysteme besitzt: das dem Objekt nähere, das Objektiv, liefert ein vergrößertes umgekehrtes wirkliches Bild des Gegenstandes, welches wir jedoch nicht unmittelbar, sondern mittels des zweiten, dem Auge des Beobachters näher stehenden Linsensystems, des Okulars, beobachten.

Wir können an jedem Mikroskop zwei Hauptbestandteile unterscheiden: den mechanischen und den optischen Apparat.

Der mechanische Apparat besteht aus einer metallenen, auf einem meist hufeisenförmigen Fuße ruhenden Säule. Sie trägt zunächst in einer gewissen Höhe einen runden oder viereckigen, mit einer zentralen

Öffnung versehenen Tisch, den Objekttisch, dann geht über letzterem von der Säule ein verschieden gestalteter Arm aus, mit dem eine federnde Metallhülse fest verbunden ist. In dieser Tubushülse läßt sich ein Metallrohr, der Tubus, auf- und abschieben, dem Objekttisch nähern und von

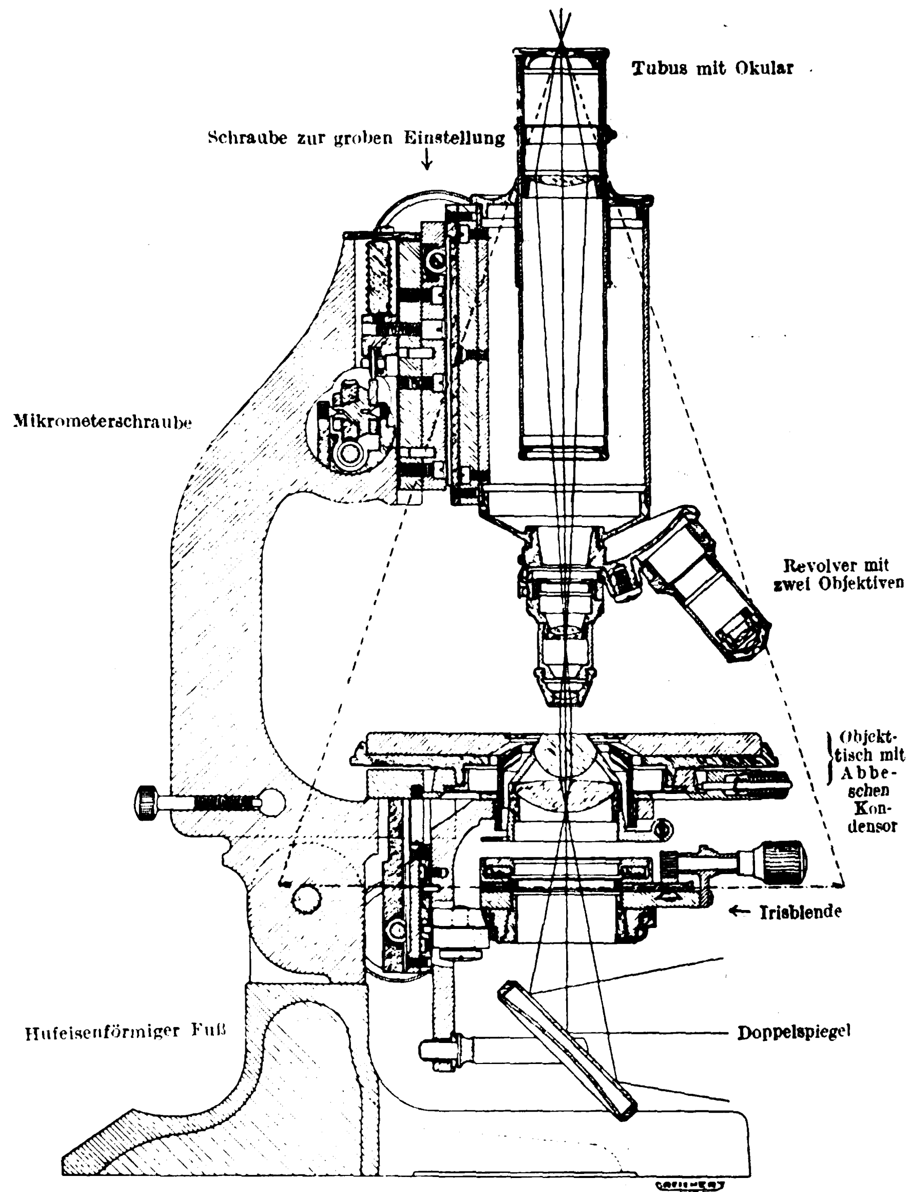


Fig. 422. Durchschnitt durch ein größeres Mikroskopstativ nebst Schema des Strahlenganges.

ihm entfernen. Der Tubus birgt in seinem Innern den wesentlichsten Teil des optischen Apparates. Um die Tubusbewegung noch präziser, exakter und feiner zu machen, wird sie bei allen neueren Mikroskopen, nicht wie dies bei älteren Konstruktionen der Fall war, durch direkte Ver-

schiebung des Tubus in seiner Hülse, sondern mittels besonderer Schraubenvorrichtungen ausgeführt. Wir unterscheiden deren zwei, die Triebschrauben und die Mikrometerschraube. Erstere finden sich meist an der Hinterfläche des Tubus mitten über dem Tubusarm angebracht, in Form von zwei vertikal stehenden, durch eine horizontale Achse verbundenen Schraubenköpfen und dienen zur groben Bewegung des Tubus. Von der Mikrometerschraube sehen wir meist nur den Kopf, der in Glockenform dem oberen Ende der Säule aufsitzt. Die Mikrometerschraube selbst, eine außerordentlich fein und exakt geschnittene Stahlschraube, liegt innerhalb der Säule. Sie ist mit dem glockenförmigen Kopf fest verbunden, so daß durch Hin- und Herdrehen des letzteren der Tubusarm und damit natürlich auch der Tubus selbst um minimale Beträge auf- und abbewegt werden kann.

Der optische Apparat besteht aus den Beleuchtungsvorrichtungen, dem Objektiv und dem Okular. Da wir unsere Präparate fast ausschließlich bei durchfallendem Lichte beobachten, muß das Licht von unten her durch die früher erwähnte Objekttischöffnung und das auf ihr liegende Präparat hindurch in das Objektiv geworfen werden. Dazu dient im einfachsten Falle ein unter dem Objekttisch nach allen Richtungen beweglich angebrachter Doppelspiegel, der auf der einen Fläche plan, auf der anderen konkav geschliffen ist. Ersteren verwenden wir im allgemeinen bei schwächeren, letzteren für mittelstarke Vergrößerungen. Wollen wir Strukturdetails in unseren Präparaten möglichst scharf hervortreten lassen, so müssen wir uns bestreben, die Beleuchtung so zu regeln, daß nur die zentralen Strahlen des Beleuchtungskegels in unser Präparat gelangen, die Mantelstrahlen dagegen abgeblendet werden. Zu dem Zwecke sind an der Unterfläche des Tisches Blendvorrichtungen, Scheibenblenden oder Zylinderblenden, angebracht, heutzutage meist in Form der sog. Irisblende, durch welche die Randstrahlen in beliebiger Weise abgeblendet werden können. Wollen wir aber ein ganz gleichmäßig und dabei möglichst intensiv beleuchtetes Gesichtsfeld haben, so bedienen wir uns des Abbeschen Beleuchtungsapparates. Es ist dies ein in fester Fassung angebrachtes Linsensystem, das von unten her in die Objekttischöffnung eingeschoben wird. Dasselbe liefert uns ein stark konvergentes Strahlenbüschel, das eine starke Beleuchtung des Präparates bewirkt, nach dem Durchtritt durch das Präparat das Objektiv mit großer Divergenz trifft und infolgedessen die Helligkeit und Deutlichkeit des Bildes vergrößert.

Das Objektiv wird an das untere Ende des Tubus angeschraubt und besteht aus mehreren (2—5) durch eine gemeinsame Fassung verbundenen Linsen, deren Material (Glas) und Gestalt (Krümmungen) so gewählt werden, daß sowohl die sphärische wie auch die chromatische Abweichung möglichst vermieden wird. Die oberen Linsen bestehen aus zwei oder drei einzelnen Teilen verschiedener Brechung, welche miteinander durch

Kanadabalsam verkittet sind (Doppel- oder Tripellinsen). Die vorderste dem Objekt zugekehrte Linse, die Frontlinse, ist immer eine einfache Plankonvexlinse, die ihre plane Fläche dem Objekt zukehrt. Die Frontlinse liefert im wesentlichen die Vergrößerung, die übrigen Linsen dagegen dienen zur Korrektion des von jener erzeugten Bildes. Je größer die Frontlinse, um so schwächer ist die Vergrößerung und um so weiter der Abstand, den die Frontlinse und damit das ganze Objektiv vom Objekt haben muß. Bei sehr starken Objektiven beträgt dieser Abstand der Frontlinse von dem das Objekt bedeckenden Deckglase nur den Bruchteil eines Millimeters, so daß große Vorsicht bei der Einstellung geboten erscheint.

Der Wert eines Objektivs ist im hohen Grade von der sog. numerischen Apertur abhängig. Wir verstehen darunter das Produkt aus dem Brechungsindex des Frontlinse und Deckglas trennenden Mediums und dem Sinus des halben Öffnungswinkels des das Objektiv treffenden Strahlenbündels ($a = n \cdot \sin u$). Je größer diese Apertur, um so höher ist das Auflösungsvermögen des Objektivs, d. h. die Fähigkeit, die Details der Struktur zur Darstellung zu bringen. Die Bildschärfe, die Definition, ist dagegen von der Vollkommenheit des Linsenschliffes und der genauen Einfügung der Linsen in die optische Achse (der sog. Zentrierung) abhängig. Außer dem Auflösungsvermögen und der Definition spielt noch die Achromasie des Objektivs eine große Rolle: das Objektiv muß so chromatisch korrigiert sein, daß die roten und blauen Komponenten, in die jeder Lichtstrahl zerlegt wird, in möglichst vollkommener Weise wieder vereinigt werden. Am vollkommensten wird das durch die von Abbe unter Benutzung besonderer Glassorten konstruierten Apochromate erreicht.

Wir scheiden die Objektive in Trockensysteme und Tauch- oder Immersionssysteme. Bei ersteren findet sich zwischen Frontlinse und Deckglas Luft, bei letzteren dagegen eine Flüssigkeit. Ein kleines Tröpfchen derselben wird auf das Deckglas gebracht und dann der Tubus so weit heruntergeschraubt, daß die Frontlinse gerade eintaucht. Da wir vorher sahen, daß die Güte eines Objektivs wesentlich von der Höhe der numerischen Apertur abhängt, so werden wir die Bedeutung dieser von Stephenson und von Abbe eingeführten Einrichtung leicht verstehen. Bei einem Trockensystem kann der Wert der Apertur niemals 1 übersteigen, da n für Luft ja 1 ist und der Sinus des halben Öffnungswinkels immer unter 1 bleibt. Schalten wir aber zwischen Deckglas und Frontlinse z. B. Wasser ein und machen damit $n = 1{,}33$, so werden wir natürlich höhere Werte erhalten. Solche Wasserimmersionen finden aber seltener Verwendung, meistens bringen wir an Stelle des Wassertropfens einen Tropfen eingedickten Zedernöles, das einen Brechungsexponent von 1,51 hat und erreichen damit eine numerische Apertur von 1,30 und darüber.

Zum bequemen Wechseln der Objektive besitzen die größeren Stative

sog. Objektivrevolver, die an das untere Tubusende angeschraubt werden und die Objektive (gewöhnlich drei) tragen.

Das Okular wird in das obere Tubusende eingeschoben. Es besteht gewöhnlich (Huyghensches Okular) aus zwei plankonvexen Linsen, die beide mit ihrer planen Fläche nach oben sehen und von denen die eine (Augenlinse) am oberen Ende, die andere (Kollektivlinse) am unteren Ende des Okulars angebracht ist. Beide Linsen sind um die halbe Summe ihrer Brennweiten voneinander entfernt. Da nun stärkere Linsen kürzere Brennweiten haben, so muß die Entfernung der Linsen, d. h. die Länge des Okulars, mit der Stärke der Vergrößerung abnehmen. Die Kollektivlinse verkleinert das Objektivbild und macht es heller und ebener. An der Stelle, wo sie ihr Bild entwirft, ist im Okular eine Blende angebracht. Die Augenlinse vergrößert dann einfach dieses Bild. Da das Okular mit der Zunahme seiner Vergrößerung dieselbe aus dem Objektiv ihm zugeführte Strahlenmenge auf eine immer größere Fläche verteilt, so muß natürlich das Bild auch immer dunkler werden, deshalb kann man mit der Okularvergrößerung über ein gewisses Maß nicht hinausgehen (12 fach).

Einen anderen seltener gebrauchten Typus von Okularen stellen die Ramsdenschen Okulare dar. Sie bestehen nur aus einer als Lupe wirkenden Linsenkombination. Für Apochromate und auch starke Achromate benutzt man die Kompensationsokulare, die ein außerordentlich farbenreines Bild erzeugen und eine stärkere, bis 18fache, Vergrößerung des Objektivbildes erlauben.

Die Vergrößerung, die ein zusammengesetztes Mikroskop liefert, berechnet man nach folgender Formel:

$$N = \frac{250}{f_1} \cdot \frac{\Delta}{f_2}.$$

Dabei bedeutet f_1 die Brennweite des Objektivs, f_2 die des Okulars und Δ die Länge des Tubus, für gewöhnlich = 160; 250 bedeutet die durchschnittliche deutliche Sehweite des menschlichen Auges in Millimetern; f_1, f_2 und Δ sollen auch in Millimetern angegeben werden. Sehr einfach wird die Berechnung bei Verwendung von apochromatischen Objektiven und Kompensationsokularen. Hier bedeutet die Nummer des Apochromates seine Brennweite, die Nummer des Okulares seine Eigenvergrößerung. Es genügt somit die Nummer des Apochromates in 250 zu dividieren und dann mit der Nummer des Okulares zu multiplizieren.

Schließlich noch einige praktische Regeln für die Handhabung des Mikroskops:

a) Linsen und Spiegel dürfen nicht mit den Fingern angefaßt werden. Von Staub und Schmutz reinigt man ihre Oberfläche am besten mittels eines sauberen, weichen (recht oft gewaschenen) Leinwandlappens. Immersionsöl entfernt man mit einem in absoluten Alkohol oder Benzol ge-

tauchten Leinwandlappen und wischt sofort gut trocken nach. Niemals schraube man Objektivsysteme auseinander. Zeigen sich irgendwelche Trübungen, so überlasse man die Reinigung dem Optiker.

b) Die beste Lichtquelle ist der mit weißen Wolken bedeckte Himmel. Direktes Sonnenlicht muß absolut vermieden werden. Ein weißer Vorhang vor dem von der Sonne beschienenen Fenster liefert ebenfalls eine brauchbare Lichtquelle. Von künstlichen Lichtquellen kommen in Betracht das Gasglühlicht (Auersche Brenner) und die elektrische Glühlampe (am besten Nernstsche Lampen) mit matter Birne.

c) Für schwächere Objektive benütze man zur Beleuchtung den Planspiegel, für mittelstarke den Konkavspiegel; Immersionssysteme erfordern den Abbeschen Beleuchtungsapparat.

d) Für schwache Trockensysteme nehme man weite Blende, für stärkere Trockensysteme engere Blende. Je enger die letztere gewählt wird, um so dunkler, aber auch um so schärfer wird das Bild.

e) Je stärker das Objektiv, um so geringer ist der Abstand seiner Frontlinse vom Deckglas.

f) Man durchmustere stets jedes Präparat zunächst mit schwachem Objektiv, stelle die näher zu untersuchende Partie genau in die Mitte des Gesichtsfeldes ein und untersuche sie dann mit stärkeren Objektiven.

g) Zur Erzielung einer stärkeren Vergrößerung benutze man ein stärkeres Objektiv mit schwachem Okular, denn neue Details deckt nur das erstere auf, stärkere Okulare bringen nichts Neues in das mikroskopische Bild.

h) Da jedes mikroskopische Präparat eine gewisse, manchmal sogar eine recht beträchtliche Dicke hat, stärkere Objektive aber keine Tiefe besitzen, so muß für jede Ebene des Präparates die Einstellung eine andere sein. Man wird also die Mikrometerschraube fleißig benutzen müssen.

i) Zur groben Einstellung benütze man nie die Mikrometerschraube. Fühlt man beim Umdrehen der letzteren einen Widerstand, so höre man sofort auf zu drehen und suche nach der Ursache. Entweder sitzt die Frontlinse schon auf dem Deckglase oder die Mikrometerschraube ist ausgedreht und muß zurückgeschraubt werden.

k) Man lasse niemals das Mikroskop ohne Okular oder mit offenem Revolver stehen, da sonst die Linsen des Objektivs verstauben.

Das Herstellen mikroskopischer Präparate.

Tierische und menschliche Organe können entweder lebensfrisch oder in konserviertem Zustande untersucht werden. Erstere Untersuchungsart ist vom höchsten Interesse und sollte, wenn irgendwie möglich, niemals vernachlässigt werden, denn es ist stets zu bedenken, daß jede Konservierung Veränderungen unseres Objektes mit sich bringt, deren richtige Beurteilung durchaus nicht immer ganz leicht ist.

Ohne vorherige Präparation lassen sich nur ganz wenig Objekte mikroskopisch untersuchen. Ohne weiteres ist das bei Flüssigkeiten, wie Blut, Lymphe, Sperma etc., möglich. Man bringe ein Tröpfchen derselben auf einen reinen Objektträger und bedecke es sofort mit einem vorher gut gereinigten Deckglas [1]). Um die Eintrocknung des Präparates zu verhindern, umrandet man das Deckglas mit einem Deckglaskitt (vorzüglich ist der Krönigsche Kitt). Auf ähnliche Weise kann man auch dünne Häute, wie das Omentum, Mesenterium, Hirnhäute etc. untersuchen. Man breitet sie auf dem Objektträger aus, setzt einen Tropfen einer indifferenten Flüssigkeit zu und umrandet. Man nehme möglichst wenig Flüssigkeit, damit sie nicht über den Deckglasrand überfließe.

Als indifferente Flüssigkeiten dienen vor allem folgende:

a) Kammerwasser, Humor aqueus, aus der vorderen Augenkammer eines beliebigen Tieres,
b) Blutserum, am besten desselben Tieres.
c) Fruchtwasser, das man sich in beliebiger Menge von jedem Schlachthof verschaffen kann durch Aufschneiden des Fruchtsackes eines größeren Tieres. Man setze soviel Jodtinktur zu, daß die Flüssigkeit hell bernsteinfarbig wird. Solches Jodserum hält sich unbegrenzt lang, wenn man von Zeit zu Zeit immer wieder etwas Jodtinktur zusetzt.
d) Physiologische Kochsalzlösung, die für Kaltblüter 0,6—0,7 % Kochsalz, für Warmblüter 0,8—0,9 % enthält.
e) Ringersche Flüssigkeit; sie besteht aus: Chlornatrium 6,0 g, Chlorkalium 0,3 g, Chlorkalzium 0,1 g, Chlormagnesium 0,3 g, Natriumphosphat 0,5 g, Natriumbikarbonat 1,5 g und Wasser 1000 ccm.

Kompaktere Organe können wir ohne weiteres nicht unter das Mikroskop bringen, da sie ja meist undurchsichtig sind; sie müssen deshalb vorher in zweckentsprechender Weise zerkleinert werden. Die Zerkleinerung kann so erfolgen, daß wir mit der Schere ein kleines Stückchen abschneiden, es auf den Objektträger in einen Tropfen indifferenter Zusatzflüssigkeit bringen, es nun rasch mittels zweier Präpariernadeln zerzupfen und mit dem Deckglas bedecken. Auf solche Weise lassen sich (brauchbare) Präparate von der Muskulatur, den Nerven und manchen anderen Organen herstellen.

Wir können aber auch das auf den trockenen Objektträger gebrachte Stückchen rasch mit einem scharfen Skalpell oder noch besser einem Rasiermesser zerhacken und setzen dann die Zusatzflüssigkeit zu. Diese Hackmethode eignet sich vorzüglich für die Untersuchung der quergestreiften Muskulatur sowie der Netzhaut.

[1]) Auch unbenutzte Deckgläser und Objektträger müssen vor dem Gebrauch gereinigt werden, am besten so, daß man sie einige Zeit in dünnen (30 proz.) Alkohol legt und dann mit einem sauberen Leinwandtuch trocken reibt.

Viele Objekte lassen sich aber auf diese Weise nicht zerkleinern, da ihre Elemente zu fest zusammenhalten. Wir suchen deshalb durch chemische Mittel den Zusammenhang zu lockern und bezeichnen solche Mittel als Isolationsmittel.

Isolationsmittel.

Bei vielen Geweben tritt nach dem Absterben von selbst eine Lösung der ihre Elemente verbindenden Kittsubstanz, eine Mazeration, ein. Wir können dementsprechend die Objekte in eine Flüssigkeit bringen, welche die Mazeration nicht verhindert oder sie eher befördert und zugleich die Fäulnis und Bakterienentwickelung hintanhält. Von solchen Mazerationsflüssigkeiten wären zu nennen:

a) Jodserum, bereits oben erwähnt. Man nehme, und das gilt für alle Mazerationsmittel, kleine Stückchen und wenig Flüssigkeit. Die Zeitdauer schwankt nach der Außentemperatur und der Natur des Gewebes zwischen 24 Stunden und mehreren Tagen. Ist das Gewebe gut mazeriert, so kann man es durch einfaches Schütteln in seine Elemente zerlegen und dann ein Tröpfchen der Flüssigkeit unter das Deckglas bringen. Eignet sich für alle Arten von Epithelien, Riechschleimhaut, Retina etc.

b) Ranvierscher Drittelalkohol. Man mische 1 Teil 90%igen Alkohols mit 2 Teilen dest. Wassers. Die Wirkung ist die gleiche wie bei dem vorigen, die Dauer der Einwirkung etwas kürzer. Man kann solche Präparate auch noch sehr gut färben. Man mazeriere z. B. den aufgeschnittenen Froschdarm 24 Stunden in Drittelalkohol, übertrage das Stück vorsichtig für 3—4 Stunden in Alaunkarmin und schüttele dann in destilliertem Wasser. Die groben Fetzen entferne man mit der Pinzette, lasse die Flüssigkeit eine Stunde absetzen und entnehme nun mit der Pipette ein Tröpfchen des Sediments.

c) Kalilauge oder Natronlauge löst viele Kitt- und Bindesubstanzen in kürzester Zeit. Wir benutzen sie meist in Form der Moleschottschen Lösung. 33,5 g Ätzkali oder -natron werden unter stetem Schwenken und Abkühlen des Gefäßes in kaltem Wasser in 66,5 ccm destilliertem Wasser gelöst. Glatte und quergestreifte Muskeln werden unter beträchtlicher Schrumpfung in dieser Lösung in 15 bis 20 Minuten isoliert, dann geschüttelt und in derselben Flüssigkeit untersucht. Dabei sind die Linsen des Mikroskops sorgfältig vor Berührung mit der Lauge zu schützen (siehe auch Untersuchung des Muskelgewebes). Nägel und Haare, erstere 3—5 Stunden, letztere ebensoviel Tage, isoliere man in 4,6%iger Lauge.

d) Salzsäure oder Salpetersäure in Form der konzentrierten Säuren der Apotheken sind vorzügliche Isolationsmittel für alle möglichen Drüsen, vor allem die Niere. Die Stücke können ziemlich groß sein, bis 0,5 cm dick. Nach 24 Stunden überträgt man sie in mehrmals zu wechselndes Wasser und sucht dann die Kanälchen durch vorsichtiges Schütteln oder Zerteilen

der Stückchen mit Nadeln im Uhrschälchen auf möglichst weite Strecken zu isolieren.

Schnittmethode.

Eine zweite Art, unsere Objekte zu zerkleinern, stellt die Schnittmethode dar. Am einfachsten bedienen wir uns zum Schneiden eines guten Rasiermessers. Man kann mit einem solchen bei einiger Übung von gewissen Organen ganz brauchbare, dünne Schnitte herstellen. Am leichtesten schneidet sich der Knorpel, Niere und Leber schon schwieriger und bei Gehirn und Darm ist beispielsweise die Konsistenz eine solche, daß im frischen Zustand die Anfertigung brauchbarer Schnitte so gut wie unmöglich ist.

Wir müssen solchen Objekten eine härtere Konsistenz verschaffen und das geschieht am einfachsten durch das Gefrieren. Man hat besondere Instrumente konstruiert, bei welchen das Objekt entweder durch die Wirkung eines Äthersprays oder durch flüssige oder feste Kohlensäure gefroren und dann durch ein automatisch geführtes Messer in beliebig feine Schnitte zerlegt wird. Mit solchen Gefriermikrotomen kann man von den meisten Organen ganz vorzügliche Schnitte herstellen, die sich für histologische Untersuchungen durchaus brauchbar erweisen. Eine zweite Art, dem Gewebe eine härtere Konsistenz zu verleihen, beruht darauf, daß wir ihm sein Wasser entziehen, und zwar meistens vermittels Alkohols von steigendem Prozentgehalt. Diese Methode bringt aber gleichzeitig auch eine Konservierung des Objekts mit sich und leitet uns zu der zweiten Gruppe von Methoden über, zur Untersuchung des konservierten Objektes.

Fixation.

So wichtig auch die Untersuchung des frischen Objektes ist, sie wird immer ergänzt werden müssen durch die Untersuchung gut konservierter Objekte. Für die Konservierung handelt es sich zunächst darum, das Objekt abzutöten und seine labilen, leicht vergänglichen Eiweißkörper in möglichst stabile, unveränderliche Modifikationen überzuführen. Diesen Prozeß bezeichnen wir als Fixation. Wir bedienen uns zum Zwecke der Fixation immer eiweißfällender, eiweißkoagulierender Reagenzien. Wir müssen dabei bestrebt sein, die Form der unser Objekt zusammensetzenden Elementarteile so zu erhalten, wie sie intra vitam war. Leider ist das aber so gut wie niemals der Fall und es ist deshalb bei Beurteilung konservierter Präparate immer eine gewisse Vorsicht am Platze.

Zunächst einige allgemeine Regeln für die Fixation:

a) Die zu fixierenden Objekte sollen in möglichst kleinen Stückchen dem lebenswarmen Organismus entnommen werden. Je kleiner das Stück, um so besser fällt im allgemeinen die Fixation aus, da die fixierenden Flüssigkeiten nur schwer und unvollkommen in die Tiefe dringen. Manche dringen zentimetertief und noch tiefer, andere nur wenige Millimeter tief

ein. Die einen dringen rasch, die anderen nur sehr langsam ein. Je stürmischer ein Fixationsmittel das Eiweiß koaguliert, um so schwerer dringt es auch im allgemeinen ein.

b) Die zu entnehmenden Stückchen sollen rasch in die fixierende Lösung gebracht und nicht unnötigerweise mit Pinzetten angefaßt werden.

c) Die Menge der Fixierungsflüssigkeit soll den Kubikinhalt des zu fixierenden Objektes um das 50—100fache übertreffen.

d) Schon gebrauchte Fixierungsflüssigkeit darf im allgemeinen nicht abermals benutzt werden.

e) Die Fixierungsflüssigkeit soll möglichst von allen Seiten an das Objekt herantreten können, deshalb wird man letzteres auf eine lockere Schicht Watte oder Glaswolle legen oder noch besser in der Lösung aufhängen.

f) Die Fixierungsflüssigkeit darf nur eine bestimmte Zeit lang einwirken und muß dann auf besondere Art (gewöhnlich durch Auswaschen) aus dem Objekt wieder entfernt werden.

Wir wollen nun aus der großen Zahl von Fixationsgemischen im folgenden einige kurz anführen, mit welchen der Anfänger wohl auskommen wird.

1. Absoluter Alkohol. Gutes Fixationsmittel für viele Zwecke und zugleich Härtungsmittel. Das Objekt werde in die oberen Schichten der Flüssigkeit aufgehängt. Dauer der Einwirkung 24 Stunden.

2. Carnoysche Lösung. Gemisch von 6 Teilen absolutem Alkohol, 3 Teilen Chloroform und 1 Teil Eisessig. Fixiert außerordentlich rasch, in 15—30 Minuten, dann Einlegen in öfter zu wechselnden absoluten Alkohol.

3. Formalin. Man verwende eine 10—20%ige Lösung des käuflichen Präparats und fixiere mindestens 24 Stunden. Man kann ziemlich große Stücke nehmen und sie auch beliebig lange in Formalin lassen, was für viele Zwecke von großer Bedeutung ist. Nach der Fixation kann man sie kurz in fließendem Wasser auswaschen. Von besonderem Werte ist seine Eigenschaft, Fette und Lipoide sehr gut zu erhalten.

4. Müllersche Flüssigkeit. 2,5 g Kalium bichromicum und 1 g Natrium sulfuricum gelöst in 100 ccm Wasser. Früher häufig benutzt, heute nur noch für die Bearbeitung des Zentralnervensystems von Bedeutung. Man kann ein menschliches Gehirn darin in toto fixieren. Man nehme große Quantitäten der Flüssigkeit, fixiere je nach der Größe des Stückes mehrere Tage bis mehrere Wochen lang und wechsle anfangs täglich. Nach der Fixation 24 Stunden in fließendem Wasser auswaschen.

5. Bouinsches Gemisch. Es enthält 15 Teile konzentrierte wässerige Pikrinsäurelösung, 5 Teile Formalin und 1 Teil Eisessig. Eignet sich besonders für zytologische Studien. Für kleine Objekte, wie Eier, reicht eine Einwirkung von 1/4 Stunde aus, größere Objekte (von ca. 1/4 cm Dicke) erfordern 1/2 bis 2 Stunden.

6. Sublimat. Man erhitze auf dem Wasserbad 0,7%ige Kochsalzlösung und löse in ihr so viel festes Sublimat, als sich lösen will. Dann läßt man erkalten und benutzt die über den nun ausschießenden Kristallen

stehende klare Lösung. Man setze ihr vor dem Gebrauch auf 100 ccm 1—3 ccm Eisessig zu, fixiere kleine Stückchen 12—24 Stunden lang, wasche 24 Stunden in fließendem Wasser oder übertrage direkt in 35 %igen Alkohol, welcher allmählich durch stärkeren ersetzt wird (s. S. 516).

7. Zenkersche Lösung. Müllersche Flüssigkeit wird auf dem Wasserbad erhitzt und dann auf je 100 ccm 5 g festes Sublimat zugesetzt. Unmittelbar vor dem Gebrauch fügt man zu 100 ccm der Lösung 5 ccm Eisessig hinzu. Man fixiere 12 bis 24 Stunden lang und wasche dann das Objekt in fließendem Wasser 24 Stunden aus. Die Nachbehandlung der in Sublimat und Zenkerscher Lösung fixierten Objekte s. S. 516.

8. Osmiumtetroxyd. Diese gewöhnlich als Osmiumsäure bezeichnete, recht kostspielige Substanz kommt in zugeschmolzenen Röhrchen zu 0,5—1 g in den Handel. Man feile ein solches Röhrchen von 0,5 g, nachdem man es gut abgewaschen und getrocknet, vorsichtig an und halte einen weißglühenden Glasstab an die Feilstelle; man kann dann das Rohr ohne Verlust bequem öffnen; hierauf werfe man beide Teilstücke mit Inhalt in ein sorgfältig gereinigtes, mit gut schließendem Glasstöpsel versehenes Glas, das 25 ccm destilliertes Wasser enthält. Auf diese Weise erhält man eine 2 %ige Osmiumsäurelösung. Die Lösung erfolgt (öfter umschütteln!) binnen 24 Stunden. Wir verwenden die Osmiumsäure hauptsächlich in Form der sub 9 zu besprechenden Flüssigkeit.

9. Flemmingsche Flüssigkeit. Sie besteht aus 15 ccm 1 %iger Chromsäure-, 4 ccm 2 %iger Osmiumsäurelösung und 1 ccm Eisessig. Die Stückchen sollen recht klein sein, nicht über 3—4 mm dick. Einwirkung 24 Stunden bis mehrere Tage. Nach der Fixation 24 Stunden in fließendem Wasser auswaschen.

Die Vorbehandlung zum Mikrotomieren.

Von den Zerkleinerungsmethoden hat unsere moderne histologische Technik vor allem die Schnittmethode in außerordentlich vollkommener Weise ausgebildet. Man schneidet nicht mehr mit der Hand, sondern man bedient sich höchst subtil und kompliziert gebauter Instrumente, der Mikrotome. Ihr Gebrauch setzt wieder eine komplizierte Vorbehandlung der Objekte voraus, die darin gipfelt, daß wir das zu schneidende Objekt mit einer erhärtenden Masse durchtränken und mit ihr umgeben. Als solche Massen kommen vor allem das Paraffin und das Zelloidin in Betracht. Beide sind in Wasser unlöslich, das Paraffin ist löslich in Xylol, Chloroform und ähnlichen Solvenzien, das Zelloidin in einer Mischung von Äther und absolutem Alkohol. Wollen wir eine vollkommene Durchtränkung erreichen, so müssen wir die Objekte in eine der genannten Flüssigkeiten, die wir als Intermedien bezeichnen, zunächst überführen. Zu diesem Zwecke müssen wir aber zuerst das Objekt vollkommen wasserfrei machen, so daß es, nachdem es fixiert und ausgewaschen ist, nun der Reihe nach die folgen-

den Operationen durchzumachen hat: es wird zunächst entwässert, dann mit dem Intermedium durchtränkt und endlich in Paraffin oder Zelloidin eingebettet.

Die Entwässerung.

Zur Entwässerung der fixierten und nachher gewaschenen Objekte benutzen wir ganz allgemein den Alkohol, und zwar in steigender Konzentration. Wir bringen das Objekt, um Schrumpfungen zu vermeiden, nicht direkt aus dem Wasser etwa in absoluten Alkohol, sondern zuerst in ganz dünnen und allmählich in immer stärkeren Alkohol. Je langsamer die Verstärkung, um so besser das Resultat. Man beginne mit 40 bis 50%igem Alkohol und steige immer um 10%. Wie lange man in jedem einzelnen Alkohol das Objekt verweilen läßt, hängt von der Größe des Stückes ab, im allgemeinen werden 12 Stunden genügen, so daß man immer morgens und abends wechselt und nach 4 oder 5 × 24 Stunden das Objekt sich in absolutem Alkohol befindet. Der letztere wird, um das Objekt vollkommen wasserfrei zu machen, mindestens einmal gewechselt. Selbstverständlich bedeutet die Fixation in absolutem Alkohol oder Carnoy eine beträchtliche Zeitersparnis, denn sie liefert uns schon 24 oder höchstens 48 Stunden nach der Entnahme ein vollkommen wasserfreies Objekt.

Eine besondere Besprechung erfordern noch die in Sublimat und Zenker fixierten Objekte. Es gelingt bei ihnen nämlich nicht, sämtliches Sublimat durch das Auswaschen zu entfernen und es erscheinen dann später in den Schnitten recht häßliche, störende Kristalle. Um dem vorzubeugen, jodieren wir das Objekt dann, wenn es in 70- oder 80%igem Alkohol angelangt ist, indem wir diesem Alkohol tropfenweise Jodtinktur zusetzen, bis er ungefähr die Farbe von dunklem Tee oder Bier angenommen hat. Der Jodalkohol löst die Sublimatkristalle und entfärbt sich gleichzeitig. Da er nun schwerer ist als die übrige Jodlösung, bildet er um das Objekt herum eine farblose Bodenschicht. Wir müssen deshalb den 80%igen Jodalkohol so lange wechseln, als noch eine Entfärbung eintritt. Ist das nicht mehr der Fall, so steigen wir in der gewöhnlichen Weise mit dem Prozentgehalt des Alkohols weiter an.

Die Intermedien.

Wir haben eine große Anzahl von Intermedien für die Paraffineinbettung, d. h. Flüssigkeiten, welche sich mit absolutem Alkohol in jedem Verhältnisse mischen und Paraffin gut lösen. Für die Zwecke des Anfängers genügt Xylol oder Chloroform. Beide haben gewisse Vorzüge und Nachteile. Wir übertragen das Objekt auch hier wiederum nicht direkt von einer Flüssigkeit in die andere, sondern stellen uns zwei Mischungen her: 1. ein Teil Intermedium und zwei Teile absoluten Alkohols und 2. zwei Teile Intermedium und ein Teil absoluten Alkohols. Nachdem das Objekt vorerst in deren jeder 1—3 Stunden (bei Chloroform länger als bei

Xylol) verblieben, kommt es in das unvermischte Intermedium für weitere 2—24 Stunden.

Für die Zelloidineinbettung dient als Intermedium eine Mischung von absolutem Alkohol und Äther zu gleichen Teilen. In sie wird das Objekt direkt aus dem absoluten Alkohol übertragen und verbleibt in ihr 24 Stunden.

Die Paraffineinbettung.

Paraffin ist ein fester Kohlenwasserstoff der Sumpfgasreihe, dessen Schmelzpunkt zwischen 38° und 85° schwankt. Wir wählen für unseren Gebrauch meist zwei Paraffine, ein bei 38° schmelzendes Weichparaffin und ein bei 58° schmelzendes Hartparaffin. Wir können unser Objekt natürlich nur mit verflüssigtem, d. h. mit erhitztem Paraffin durchtränken und bedienen uns zu diesem Zweck eines Thermostaten, gewöhnlich als Paraffinofen bezeichnet, der mittels konstanter Gas- oder Petroleumheizung dauernd auf einer bestimmten Temperaturhöhe gehalten werden kann. Am vorteilhaftesten ist ein Thermostat mit Aufsatz. Im unteren Fach haben wir dann eine Temperatur von 57—58°, im Aufsatz eine solche von 38—40°. Zum Durchtränken bedient man sich am besten kleiner Email- oder Glasschalen. Man fülle deren eine mit dem zerkleinerten Hartparaffin und stelle sie am Tage vor der Einbettung in das untere Fach, die andere mit Weichparaffin kommt in den Aufsatz.

Es sollen bei der Durchtränkung schroffe Temperaturwechsel möglichst vermieden werden. Man wird deshalb das die Objekte in dem Intermedium enthaltende Glas zunächst für 1 Stunde in den Aufsatz bringen; es erwärmen sich dann die Objekte langsam bis auf 40°. Nun überträgt man sie mit einem Spatel aus dem Intermedium in die Schale mit dem flüssigen Paraffin von 38° und stellt nun letztere ins untere Fach. Hier erfolgt innerhalb einer Stunde langsam die Erwärmung auf 58°, gleichzeitig aber diffundiert auch das Intermedium in das flüssige Paraffin. Nun kann man das Objekt mit erwärmtem Spatel in die Schale mit dem flüssigen Paraffin von 58° übertragen, in dem nun die definitive Durchtränkung erfolgt.

Wie lange soll nun die Durchtränkung dauern? Das ist eine schwer zu beantwortende Frage und im wesentlichen Erfahrungssache. Größere Stücke brauchen natürlich länger als kleinere. Objekte, die allseitig von dickem Epithel umgeben sind, durchtränken sich schwerer als solche mit freien Flächen. Am unangenehmsten sind große Hohlräume, wie wir sie z. B. im Gehörorgan, in den Baucheingeweiden haben, da aus ihnen die Luft nur sehr schwer und langsam entweicht. Als allgemeine Regel gilt, daß man die Objekte nicht länger im Thermostat belassen soll, als unumgänglich nötig ist, daß aber schroffe, unvermittelte Temperaturerhöhung viel schädlicher ist als ein längeres Verbleiben im Thermostaten. Für kleine Stückchen werden im allgemeinen 3—4 Stunden genügen.

Will man noch schonender verfahren, so schiebe man zwischen Chloroform als Intermedium und Weichparaffin eine konzentrierte Lösung des letzteren in ersterem. Man übertrage das Objekt aus reinem Chloroform in diese Mischung und stelle das Glas offen in den Aufsatz. Dann verdunstet das Chloroform über Nacht, man hat nun das Objekt in reinem Paraffin und kann es in obiger Weise weiterbehandeln.

Nach vollendeter Durchtränkung handelt es sich dann darum, unser Objekt in einen Paraffinblock von handlicher Form zu bringen. Wir bedienen uns dazu am besten zweier Metallwinkel, welche auf eine Glasplatte aufgesetzt werden und zusammengelegt einen rechteckigen Raum umschließen. Wir stellen diesen Einbettungsrahmen mit seiner Grundplatte für kurze Zeit, um ihn anzuwärmen, in den Thermostat, füllen ihn dann mit dem flüssigen Hartparaffin und legen in letzteres, in richtiger Weise orientiert, das Präparat. Eine große Schale mit kaltem Wasser stehe in Bereitschaft. In sie wird vorsichtig der ganze Rahmen samt Platte eingetaucht und nun reichlich kaltes Wasser zugelassen. Nach einigen Minuten läßt sich der erstarrte Paraffinblock aus dem Rahmen lösen und ist nach 1- bis 2stündigem Verbleiben in kaltem Wasser zum Mikrotomieren bereit.

Die Zelloidineinbettung.

Zelloidin ist nichts anderes als eine eingedickte und in Platten ausgegossene Lösung von Kollodium. Man zerschneide die Platte in recht kleine dünne Stückchen und stelle letztere in einer offenen Schale zum Trocknen, das nach 2—3 Tagen vollendet ist. Dabei schrumpfen die Stückchen zu einer hornartigen Masse zusammen. Man bringe die von einer ganzen Tafel gelieferten Späne in eine gut verschlossene Flasche mit 125 ccm absoluten Alkohols. Nachdem nach 24 oder 48 Stunden die Späne zu einer glasigen Masse in dem Alkohol aufgequollen sind, füge man 125 ccm wasserfreien Äthers hinzu. Unter öfterem Schütteln und Umrühren erfolgt dann in 2—3 Tagen die völlige Lösung und man erhält eine sirupdicke Zelloidinlösung, die Stammlösung.

Die aus der Äther-Alkoholmischung kommenden Objekte werden in eine dünne Zelloidinlösung gebracht, welche man durch Verdünnung von 1 Teil Stammlösung mit 5 Teilen Äther-Alkohol herstellt. Nach 4—8 Tagen kommen sie in eine Zelloidinlösung von 1 Teil Stammlösung und 3 Teilen Äther-Alkohol, nach ferneren 4—8 Tagen in gleiche Teile Stammlösung und Äther-Alkohol und schließlich in reine Stammlösung. Je dünner die Zelloidinlösung, um so leichter dringt sie ein, je langsamer die Steigerung der Konsistenz, um so vollkommener die Durchtränkung. Ist das Objekt 8 Tage in der Stammlösung verblieben, so gießen wir es mitsamt der letzteren in eine passende Glasdose und bedecken diese mit einer Glasplatte. Der Äther-Alkohol verdunstet nun langsam und die Lösung wird allmählich immer konsistenter. Man kann das Verdunsten durch Einlegen

eines Stückchens Karton zwischen den Rand der Glasdose und den Deckel beschleunigen. Ist die Verdunstung nach einigen Tagen so weit vorgeschritten, daß die Oberfläche vollkommen erstarrt ist, so umschneidet man das Objekt, deckt es wieder zu und kann es dann am folgenden Tag definitiv herausschneiden. Man klebt den Block mit einem Tropfen Stammlösung auf einen Holzblock, den man vorher längere Zeit in ab und zu gewechseltem starken Alkohol auf dem Paraffinofen hat stehen und dann trocknen lassen und stellt nun Block mit Objekt unter eine Glasglocke. Nach ungefähr 1 Stunde kommt der Block in einen Exsikkator, dessen Boden etwa 2 mm hoch mit Chloroform bedeckt ist. Nach 24stündigem Verweilen in dem Chloroformdampf erhält der Block eine vorzügliche Schnittkonsistenz und wird nun in 75%igen Alkohol übergeführt, in dem er unbegrenzt lange aufbewahrt werden kann.

Wie man sieht, gestaltet sich die Zelloidineinbettung ungleich viel langwieriger als die Paraffineinbettung, aber sie hat manche Vorteile vor dieser, deren wichtigster darin zu suchen ist, daß bei ihr eine Erhitzung des Objekts gänzlich vermieden wird.

Das Mikrotom.

Wir besitzen sehr verschiedenartig konstruierte Mikrotome. Hier soll nur das kleine Mikrotom von Schanze kurz beschrieben werden, das mit hinreichender Präzision große Stabilität und Einfachheit verbindet und deshalb für den Anhänger am geeignetsten erscheint. Aus einer schweren Grundplatte erhebt sich eine Vertikalplatte, mit welcher auf der rechten Seite die Bahn für den Messerschlitten fest verbunden ist. Auf dem letzteren, einem schweren Metallklotz, wird das Messer aufgeschraubt. Auf der anderen Seite ist mit der Vertikalplatte eine senkrecht gestellte Bahn verschraubt, in welcher der Objektschlitten auf- und abläuft; der Objektschlitten trägt die in allen Ebenen des Raumes verstellbare Objektklammer. Der Objektschlitten ruht auf der Spitze einer sehr exakt und fein geschnittenen Schraube, welche die Achse einer horizontal liegenden großen Teilscheibe bildet. Wird die Scheibe nach rechts gedreht, so hebt sich der Objektschlitten, bei der Drehung nach links senkt er sich. Die Teilung ist so ausgeführt, daß eine Drehung um einen ganzen Teilstrich den Objektschlitten um 10 μ hebt. Man kann mittels dieses Instruments Schnittdicken von 2—3 μ erzielen.

Beim Mikrotomieren achte man vor allem darauf, daß Messer und Block absolut fest sitzen. Sehr wichtig ist die Stellung des Messers zur Horizontalebene; beide müssen, will man gute Schnitte erhalten, einen bestimmten Winkel bilden oder es darf, richtiger gesagt, dieser Winkel unter einen bestimmten Wert nicht heruntergehen. Zur bequemen Regulierung dienen verstellbare Messerhalter. Die Schnittfläche muß matt sein; spiegelt sie, so ist das ein Zeichen, daß der oben erwähnte Winkel zu klein ist und die Schneidefacette die Schnittfläche poliert.

Gegen das leidige Rollen der Schnitte hilft ein feiner Aquarellpinsel, mittels dessen man den Schnitt vorsichtig hält, sobald er sich zu rollen beginnt.

Wir schneiden Paraffinblöcke mit quergestelltem Messer, doch ist auch eine halbschräge Stellung des Messers hier oft vorteilhaft. Für Zelloidinblöcke dagegen ist die schräge Messerstellung nötig.

Die Paraffinblöcke werden trocken geschnitten. Das Messer muß ganz rein sein. Wird das Messer mit Paraffin beschmutzt, so muß es mit einem weichen, mit Xylol durchtränkten Leinenlappen gereinigt werden.

Der Zelloidinblock wird dagegen, ebenso wie das Mikrotommesser, nach jedem Schnitte mittels eines weichen Pinsels mit 70%igem Alkohol befeuchtet. Mit demselben Pinsel nehmen wir behutsam die Schnitte von der oberen Fläche des Messers ab und bringen sie in ein 70%igen Alkohol enthaltendes Gefäß, wo sie bis zur weiteren Behandlung liegen bleiben können.

Das Aufkleben der Schnitte.

Da Schnitte von 5—15 μ Dicke, wie wir sie für histologische Untersuchungen meist benötigen, bei allen weiteren Manipulationen leicht zerreißen würden, so müssen wir sie auf den Objektträger oder auch auf das Deckglas aufkleben. Für Paraffinschnitte empfiehlt sich dabei folgendes Verfahren. Auf den sehr sorgfältig gereinigten Objektträger oder das Deckglas wird eine minimale Menge Eiweißglyzerin mit einem Glasstab aufgetragen. Diese Masse stellen wir uns so her, daß wir das Eiweiß eines Hühnereies schlagen und dann durch ein mit destilliertem Wasser angefeuchtetes Filter filtrieren. Man vermische nun gleiche Teile von dem filtrierten Eiweiß und reinem Glyzerin und setze der Mischung, um Fäulnis zu verhüten, einige Stückchen Kampher, Thymol oder auch einige Tropfen 1%igen Natriumsalizylates zu. Von dieser Mischung nehme man, wie gesagt, nur eine Spur, hauche das Glas an und verreibe nun die Masse rasch mit der Fingerkuppe. Es muß dann die Eiweißschicht gerade nur wie ein Hauch auf dem Glas liegen. Ist sie zu dick, so erhält man schmierige Präparate. Auf diese Schicht bringen wir nun einige Tropfen destillierten handwarmen Wassers und ordnen die Schnitte auf der sich auf dem Eiweiß rasch ausbreitenden Wasserschicht. Dann übertragen wir sofort den mit Schnitten beschickten Objektträger in den Aufsatz des Paraffinofens, somit in eine Temperatur von ca. 40°; hier werden die vorher faltigen Schnitte sich sehr bald glätten, es verdunstet das Wasser und nach Verlauf von ca. 12 Stunden haften die Schnitte auf dem Glase vollkommen fest, so daß wir nun mit dem Objektträger bzw. dem Deckglas alle weiteren Prozeduren vornehmen können.

Man kann auch das Eiweißglyzerin weglassen und die Schnitte direkt in einigen Tropfen destillierten Wassers oder 30%igen Alkohols auf dem Objektträger in den Aufsatz des Paraffinofens bringen, doch müssen dann

die Objektträger absolut sauber sein und es kann auch dann noch ab und zu ein Schnitt bei der Weiterbehandlung wegschwimmen.

Zelloidinschnitte brauchen nicht aufgeklebt zu werden, da ihnen die nicht zu entfernende Einbettungsmasse einen genügenden Halt verleiht. Will man sie dennoch aufkleben, so empfiehlt sich das folgende von Rubaschkin vorgeschlagene Verfahren: die Schnitte werden aus dem 70%igen Alkohol in ein Schälchen mit 90%igen Alkohol übertragen; hierauf ordnet man die Schnitte auf dem dünn mit Eiweißglyzerin bestrichenen Objektträger und tropft eine Mischung von gleichen Teilen Anilin und Nelkenöl auf; sobald die Schnitte klar und durchsichtig geworden sind, kleben sie auch genügend fest; man entfernt das Anilin-Nelkenöl durch Abspülen in 90%igen Alkohol und überträgt in 70%igen. Nun kann man alle weiteren Manipulationen mit dem Objektträger vornehmen.

Die Färbung.

Der Zweck der Färbung ist gewisse Strukturdetails der Zellen und Gewebe, die uns das ungefärbte Präparat nur sehr unvollkommen oder gar nicht zeigt, hervorzuheben. Zu diesem Behufe behandeln wir das Präparat mit der Lösung eines oder mehrerer Farbstoffe und erreichen bei richtiger Auswahl und Behandlung, daß sich die verschiedenen Bestandteile eines Gewebes entweder in verschiedenen Nuancen oder in verschiedener Intensität einer Farbe färben oder aber daß die verschiedenen Bestandteile verschiedene Farben annehmen. Ob die Färbung ein rein chemischer oder ein rein physikalischer Prozeß ist oder ob chemische und physikalische Vorgänge dabei Hand in Hand gehen, ist zur Zeit noch nicht entschieden.

Meistens färben wir die mittels des Mikrotoms hergestellten und aufgeklebten Schnitte (Schnittfärbung); wir können aber auch die ganzen Organstückchen, nachdem sie fixiert und ausgewaschen sind, färben (Stückfärbung) und sie dann erst entwässern und einbetten. Je nachdem wir nur einen oder mehrere Farbstoffe einwirken lassen, unterscheiden wir Einfach-, Doppel- und Mehrfachfärbungen. Wir können das Präparat nur so lange mit der Farblösung in Berührung belassen, bis das Optimum der Färbung erreicht ist und dann den Färbungsprozeß unterbrechen (progressive Färbung) oder aber wir überfärben das Präparat zunächst maximal und ziehen dann den Farbüberschuß mit geeigneten Mitteln aus, differenzieren es. Dann sprechen wir von einer regressiven Färbung. Häufig behandeln wir auch das Präparat zuerst mit bestimmten Metallsalzen, sog. Beizen, und übertragen es dann in eine passend gewählte Farblösung. Es entsteht dann im Präparat aus der Verbindung des Farbstoffes mit dem Metalloxyd ein Farblack. Solche Beizenfärbungen liefern meist mit nachfolgender Differenzierung außerordentlich distinkte und scharf gezeichnete Präparate.

Das Ergebnis der Färbung ist von der Fixierung des zu untersuchenden

Organs sowie der sonstigen Vorbehandlung abhängig. So z. B. leidet die Färbung des Präparates durch allzu langes Einwirken von Chromsäure, durch zu langes Verweilen im Alkohol und durch die Anwesenheit von Gerbsäure, die vom Korken wie auch von den Holzblöcken in den Alkohol gelangen kann.

Die Zahl der Färbungsmethoden ist Legion und wir müssen uns auch hier nur auf eine ganz kleine Auswahl beschränken. Zunächst wollen wir aber einige allgemeine Vorschriften geben.

Die aufgeklebten Paraffinschnitte müssen, bevor sie gefärbt werden können, von ihrem Paraffin befreit werden. Zu diesem Zwecke übertragen wir den Objektträger mit den aufgeklebten Schnitten in ein passendes Glas, das so hoch mit Xylol gefüllt ist, daß die Schnitte vollkommen bedeckt sind. Bewegt man den Objektträger hier etwas hin und her, so ist das Paraffin nach wenigen Minuten vollkommen gelöst und der Objektträger kommt nun zwecks Entfernung des Xylols in ein ähnliches, mit absolutem Alkohol gefülltes Glas. Wollen wir in wässerigen Farblösungen färben, so empfiehlt es sich im allgemeinen, zunächst vom absoluten Alkohol zu zwei oder drei immer dünneren Alkoholen und dann erst zu destilliertem Wasser überzugehen. Man wird also in praxi 6 Gläser nebeneinander stehen haben müssen, gefüllt mit Xylol, absolutem Alkohol, 90%igen, 70%igen, 40%igen Alkohol und destilliertem Wasser. Der Objektträger passiert sämtliche Gläser, indem er in jedem wenige Minuten verbleibt. Dann ist er zur Färbung fertig.

Ist letztere beendet, so handelt es sich in den meisten Fällen darum, ein **Dauerpräparat** herzustellen, d. h. wir wollen unser Präparat unter dem Deckglas in ein möglichst stark lichtbrechendes Medium einschließen, welches Präparat und Färbung nach Möglichkeit konserviert. Es gibt solcher Einschlußmedien eine ganze Anzahl. Für uns kommen hauptsächlich der **Kanadabalsam** bzw. der **Dammarlack** und das **Glyzerin** in Betracht. Kanadabalsam und Dammarlack werden in Xylol gelöst und sind in gelöstem Zustand leicht erhältlich. Die in sie einzulegenden Präparate müssen vollkommen wasserfrei sein. Wir werden deshalb nach der Färbung den Objektträger mit den gefärbten Schnitten in das Glas mit 90%igen und dann in das mit absolutem Alkohol übertragen. Ist er einige Minuten in letzterem verblieben, so kann er in Xylol kommen. In diesem müssen die Schnitte nun vollkommen klar und durchsichtig werden. Zeigen sich Trübungen, so war der Schnitt noch wasserhaltig und muß zurück in ein frisches Quantum absoluten Alkohols. Bleibt er im Xylol klar, so wird die Rückfläche des Objektträgers und die Vorderfläche, soweit sie nicht von den Schnitten bedeckt ist, rasch mit sauberem Tuch trocken gewischt, dann, bevor noch die Schnitte eintrocknen können, ein Tröpfchen Balsam aufgetropft und endlich das gut gereinigte Deckglas aufgelegt. Durch die Verdunstung des Xylols am Deckglasrand ist nach einigen Tagen das Präparat schon ziemlich widerstandsfähig.

Einfacher ist der Einschluß in Glyzerin. Wir brauchen nur auf das gefärbte und ausgewaschene Präparat ein Tröpfchen Glyzerin zu bringen und können dann gleich das Deckglas auflegen. Da aber das Deckglas sich sehr leicht verschiebt, so empfiehlt es sich, um jedes Präparat einen Kittrahmen zu legen. Man bediene sich dazu des schon früher erwähnten Krönigschen Lackes und eines am Ende rechtwinkelig gebogenen Drahtes. Der über der Flamme erwärmte Draht wird in den Lack getaucht und von der geschmolzenen Masse auf die Ecken des Deckgläschens je ein Tropfen gebracht. Sodann wird der Draht neuerdings erwärmt und längs der Ränder angelegt, wobei der an die Ecken gebrachte Lack schmilzt und den Rand des Deckgläschens mit dem Objektträger fest verbindet. Man achte darauf, daß der Tropfen Glyzerin recht klein gewählt wird, damit er nicht über den Deckglasrand herausquillt, da dann der Lack nicht genügend festhaftet.

Für Zelloidinschnitte muß die Einschlußmethode insofern verändert werden, als man den absoluten Alkohol ganz vermeiden muß. Wollen wir sie in Kanadabalsam einschließen, so dürfen wir sie nach der Färbung nur in 90%igen Alkohol übertragen, da absoluter das Zelloidin ja stark aufquellen läßt, und nachher in eine Mischung von 1 Teil fester Karbolsäure und 3 Teilen Xylol. An Stelle der Karbolsäure kann man auch Anilin verwenden. Speziell ist das Anilinxylol bei basischen Farbstoffen angezeigt, da Karbolxylol sie auszieht. Trüben sich die Schnitte, so war noch zu viel Wasser in ihnen und sie müssen in frischen 90%igen Alkohol zurück.

Jetzt lassen wir einige häufiger zur Verwendung kommende Färbungsmethoden folgen.

Boraxkarmin. Man löse 4 g Borax in 100 ccm destillierten Wassers und füge 2 g fein pulverisiertes Karmin zu. Das Ganze wird in einer mit Watte lose verschlossenen Kochflasche 1/2 Stunde lang im Wasserbade gekocht und nach Erkalten filtriert. Dem Filtrat setzt man die gleiche Menge 70%igen Alkohols zu. Der Farbstoff eignet sich sowohl für Schnitte als für Stückfärbung. Schnitte kommen aus Wasser für 5—10 Minuten in die Lösung und werden dann direkt in 70%igen Alkohol übertragen, dem 1% Salzsäure zugesetzt ist (Salzsäurealkohol). Hier verbleiben sie 3—5 Minuten und sind dann zum Entwässern fertig. Ganze Stücke bleiben in der Lösung 24 Stunden bis mehrere Tage je nach ihrer Größe und werden dann für 24 Stunden in ein- bis zweimal zu wechselnden Salzsäurealkohol übertragen. Sie können dann in bekannter Weise entwässert und eingebettet werden.

Karmalaun. Man verreibt 1 g Karminsäure und 10 g Kalialaun in einem kleinen Porzellanmörser und löst die Mischung in 200 ccm warmen destillierten Wassers. Nach Erkalten wird filtriert und 1 ccm Formalin zugesetzt. Ist ebenfalls für Schnitt- und Stückfärbung verwendbar, verlangt aber keine Nachbehandlung mit Salzsäurealkohol, sondern einfaches Auswaschen in destilliertem Wasser. Die Schnitte werden 5 Minuten lang

oder länger gefärbt, wobei sie selbst bei sehr langer Dauer der Einwirkung nicht überfärbt werden.

Muzikarmin. In einer kleinen Emailschale verrührt man 1 g Karmin, 0,5 g Chloraluminium sowie 2 ccm destillierten Wassers und erwärmt unter stetem Umrühren über einer ganz kleinen Flamme. Ist das Gemisch (nach ungefähr 2 Minuten langem Erwärmen) tief dunkelrot geworden, so hört man mit dem Erhitzen auf und setzt langsam 100 ccm 50%igen Alkohols zu. Am nächsten Tage wird filtriert. Vor dem Gebrauche mischt man 5 Teile dieser Stammlösung und 45 Teile destillierten Wassers und färbt 10—15 Minuten. Nach der Färbung in Wasser abspülen. Hierdurch wird ausschließlich der Schleim gefärbt.

Das Delafieldsche Hämatoxylin. 2 g kristallisierten Hämatoxylins werden in 12,5 ccm Alk. absol. gelöst; diese Lösung gieße man in 200 ccm einer konzentrierten wässerigen Ammoniakalaunlösung. Man läßt die Flüssigkeit 3—4 Tage in einem offenen Gefäße am Lichte stehen, sodann filtriert und vermischt man sie mit 50 ccm reinen Glyzerins und 50 ccm Methylalkohol. Dann filtriert man sie abermals. Nach wochenlangem Stehen in offener Flasche wird diese Mischung reif, d. h. das Hämatoxylin wird durch Oxydation in Hämatein verwandelt und erst dann ist die Lösung fertig zum Gebrauch.

Man gebraucht dieses Hämatoxylin am besten in sehr schwachen, wässerigen Verdünnungen, indem man ca. 1—2 Tropfen auf 20—50 ccm destillierten Wassers nimmt und 3—12—24 Stunden lang färbt. Sodann muß man die Schnitte längere Zeit (mehrere bis 24 Stunden) im Wasser auswaschen, damit die Färbung distinkter wird. Die Kerne (Chromatin) werden schön blau gefärbt, das Protoplasma leicht bläulich, der Schleim (z. B. in Becherzellen) und die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels intensiv blau.

Das Friedländer-Ehrlichsche Hämatoxylin. 2 g kristallisiertes Hämatoxylin werden in 100 ccm absoluten Alkohols gelöst; dazu setzt man 100 ccm destilliertes Wasser, 100 ccm Glyzerin und 2 g Kalialaun und nachher 10 ccm Eisessig. Die Lösung muß mindestens zwei Wochen reifen und man kann dieselbe sowohl zur Stück- wie zur Schnittfärbung verwenden, wobei eine distinkte Kernfärbung erzielt wird.

Hämalaun. 0,5 g Hämatein werden in einer Emailschale mit 10 ccm Glyzerin gut verrieben und durch vorsichtiges Erwärmen gelöst. 25 g Kalialaun werden in 500 ccm heißen Wassers gelöst und nach Erkalten filtriert. Dann werden beide Lösungen zusammengegossen. Man kann die Schnitte aus Wasser entweder in dem unverdünnten Hämalaun färben und erhält dann schon nach 5—10 Minuten eine gute Färbung oder man verdünnt die Lösung beliebig mit destilliertem Wasser. Je stärker die Verdünnung, um so länger die Färbung. In einem oder dem anderen Falle wird nach der Färbung einfach in destilliertem Wasser ausgewaschen. Stärkere Bläuung erhält man durch $^1/_4$—$^1/_2$stündiges Einlegen in Leitungswasser.

Will man eine reine distinkte Kernfärbung erhalten, so behandle man den gefärbten und in Wasser ausgewaschenen Schnitt $^1/_2$ Minute lang mit Salzsäurealkohol (siehe Boraxkarmin). In ihm schlägt die Farbe in rot um und zieht gleichzeitig stark aus. Dann überträgt man den Schnitt in eine größere Schale mit Leitungswasser so lang, bis der Schnitt wieder schön blau wird.

Hämatoxylin - Eisenalaun, nach ihrem Entdecker meist als Heidenhainfärbung bezeichnet. Sie gehört zu den Beizenfärbungen und stellt die heutzutage wohl am meisten verwendete Färbungsmethode dar. Sie liefert außerordentlich scharfe Kernbilder, eignet sich aber nur für dünnere Schnitte. Die Schnitte kommen aus Wasser zunächst für 2—4 Stunden (länger schadet nicht) in eine $2^1/_2$%ige wässerige Lösung von Eisenammoniumalaun, werden kurz in Wasser abgespült und dann für 24 Stunden in eine 0,5%ige Hämatoxylinlösung übertragen. Man stellt diese Lösung am besten so her, daß man 5 g kristallisiertes Hämatoxylin in 50 ccm 95%igem Alkohol löst und die Lösung mehrere Wochen lang stehen läßt. Die anfangs nur leicht gelb gefärbte Lösung wird dabei immer mehr dunkelbraun. Zum Gebrauch verdünnt man diese Stammlösung mit dem 20fachen Volumen destillierten Wassers. In dieser Hämatoxylinlösung nun werden die Schnitte zunächst graublau, dann schwarzblau und schließlich tiefschwarz; sie lassen irgendwelche Details nicht erkennen und müssen differenziert werden. Wir spülen sie am nächsten Tage zunächst in Wasser kurz ab und übertragen sie nun in die zum Beizen benutzte Eisenalaunlösung zurück. Sehr bald sieht man schwarze Farbwolken vom Schnitt aufsteigen und der Schnitt hellt sich allmählich auf. Die Differenzierung muß dann, wenn die Kernstruktur klar hervortritt, unterbrochen werden. Man halte sich ein größeres Glas mit Wasser zur Hand, spüle den sich aufhellenden Schnitt darin kurz ab und kontrolliere mit schwacher Vergrößerung. Ist der gewünschte Effekt noch nicht erreicht, so wird das Präparat wieder in die Eisenalaunlösung zurückgebracht und nach 1—2 Minuten wieder nachgesehen. Übung lehrt hier sehr bald auch schon makroskopisch den richtigen Grad der Entfärbung erkennen. Zum Schluß wird 10—20 Minuten lang in fließendem Wasser ausgewaschen.

Im folgenden gehen wir zu den Anilinfarbstoffen über. Man erhält mit ihnen oft sehr schöne Färbungen, die jedoch weniger haltbar sind, als die durch Karmin und Hämatoxylin erhaltenen.

Anilinfarbstoffe (Teerfarbstoffe) teilt Ehrlich in saure, basische und neutrale.

Unter basischen Farbstoffen verstehen wir solche, welche als färbendes Prinzip eine Farbbase enthalten. Ein solcher Farbstoff ist z. B. das basische Fuchsin (Magentarot). Es ist dies das salzsaure oder essigsaure Salz des Rosanilins. Letzteres, somit die Base, verleiht dem Farbstoff seine färberischen Eigenschaften und die Säure ist dabei nebensächlich. Wir haben somit hier einen basischen Farbstoff. Hierher gehören: Methylenblau, Thionin, Methylviolett, Gentianaviolett, Methylgrün, Magentarot (basisches

Fuchsin), Safranin etc. Die sauren Farbstoffe sind dagegen jene Verbindungen, bei denen eine Säure das färbende Prinzip darstellt. So ist Fuchsin S. (Säurefuchsin) z. B. ein saurer Farbstoff, nämlich das Kalium-, Natrium- oder Ammoniumsalz der Rosanilintrisulfosäure, sie ist es, die dem Farbstoff seine Eigenschaften verleiht und die Base ist hierbei nebensächlich. Hierzu gehören: Säurefuchsin, Eosin, Orange, Bordeaux etc. Die neutralen Farbstoffe entstehen durch Zusammentritt einer Farbbase und einer Farbsäure.

Im allgemeinen färbt sich das Plasma sowohl mit sauren wie mit basischen Farbstoffen, d. h. es ist amphophil. Nur gewisse Leukozytengranula färben sich ausschließlich mit sauren, d. h. sie sind azidophil oder ausschließlich mit basischen Farbstoffen, d. h. sie sind basophil. Einige basische Farbstoffe (Methylviolett, Thionin, Toluidinblau und Safranin) färben gewisse Zell- und Gewebsteile, z. B. Schleim, Mastzellengranula, Knorpelgrundsubstanz in einer anderen Farbe als den Rest des Gewebes, d. h. in der Farbe der Farbbase, und zwar rot bei Methylviolett, Thionin und Toluidinblau, gelb bei Safranin. Diese Erscheinung bezeichnet man als metachromatische Färbung.

Safranin, ein roter Teerfarbstoff, liefert eine recht gute Kernfärbung. Man löst 1 g Safranin in 100 ccm absolutem Alkohol, läßt es 3–5 Tage auf dem Paraffinofen stehen und verdünnt es dann mit 200 ccm destilliertem Wasser. Färbung der Schnitte 24 Stunden. Die überfärbten Schnitte werden in 95%igen Alkohol gebracht; läßt sich hierdurch der Farbstoff nicht genügend entfernen, so setze man einige Tropfen Salzsäurealkohol zu (siehe Boraxkarmin), tue es aber vorsichtig, sonst erhält man eine häßliche, schmutzige Rotfärbung.

Methylviolett, Gentianaviolett oder Magentarot. Man halte sich eine konzentrierte Lösung der Farbstoffe in 95%igem Alkohol vorrätig und setze davon 10 ccm zu 100 ccm Anilinwasser. Letzteres wird so hergestellt, daß man einige Kubikzentimeter Anilin in einer 200 ccm haltenden Flasche mit 100 ccm destilliertem Wasser 5 Minuten lang kräftig schüttelt und dann durch ein doppeltes, angefeuchtetes Filter filtriert. Das Filtrat muß absolut klar sein. Die Anilinwasserfarbstoffmischung wird tüchtig geschüttelt, sie ist am folgenden Tage gebrauchsfähig, hält sich aber nur wenige Wochen. Man bringe die Schnitte aus Wasser für 15 bis 20 Minuten in eine dieser Lösungen. Am besten stellt man das gut verschlossene Färbeglas mit den Schnitten in den Paraffinofen. Die überfärbten Schnitte werden in 95%igem Alkohol differenziert, doch läßt sich dadurch in den meisten Fällen der Farbstoff nicht genügend entfernen. Wir müssen die Schnitte noch jodieren und benutzen dazu eine Lösung von 1 g Jod und 2 g Jodkalium in 300 ccm destilliertem Wasser. Von dieser Lösung bringen wir auf den aus dem Alkohol entnommenen Objektträger 1–2 ccm und verteilen die Flüssigkeit gut auf die Schnitte. Nach $^1/_4$–$^1/_2$ Minute sind letztere braun geworden, die Lösung wird weggegossen

und die Schnitte in 95 %igen Alkohol zurückgebracht. Hier schlägt die Farbe wieder in blau bzw. rot um und der Überschuß des Farbstoffes wird entfernt.

Thionin und Toluidinblau gebraucht man in 1 %iger Lösung, indem man dieselbe entweder kurz (ca. 20 Minuten) oder länger (12—24 Stunden) einwirken läßt. Die Präparate differenziert man mit 96 %igem Alkohol, wobei eine sehr schöne Kernfärbung erzielt wird.

Wir wollen nun diesen einfachen Kernfärbungen noch einige leicht auszuführende Doppel- und Dreifachfärbungen anschließen.

Hämatoxylin-Eosin oder Hämalaun-Eosin. Man färbt wie oben in Hämatoxylin oder Hämalaun, differenziert in Salzsäurealkohol, bläut in Leitungswasser und überträgt in eine Lösung von 1 g Eosin in 1000 ccm destilliertem Wasser so lange, bis deutliche Rotfärbung eintritt. Nach der Färbung kurzes Auswaschen in 70 %igem Alkohol. Kerne blau, Protoplasma rot, besonders deutlich die Erythrozyten.

Hämatoxylin-Orange oder Hämalaun-Orange. Färbung in Hämatoxylin oder Hämalaun wie oben. Nachfärbung 5 Minuten lang in einer 0,5 %igen wässerigen Lösung von Orange G, der man ein Viertel ihres Volums Salzsäurealkohol zugesetzt hat. Nach der Färbung kurzes Auswaschen in 70 %igem Alkohol.

Boraxkarmin-Bleu de Lyon. Man halte sich eine konzentrierte wässerige Lösung von Bleu de Lyon vorrätig. Färbung zunächst in Boraxkarmin, wie oben angegeben. Aus dem Salzsäurealkohol kommen die Schnitte in eine Mischung von 5 ccm konzentrierter Bleu de Lyon-Lösung, 5 ccm Salzsäurealkohol und 30 ccm destilliertem Wasser. Es wird so lange gefärbt, bis die Schnitte eben anfangen blau zu werden. Nach der Färbung Auswaschen in 70 %igem Alkohol.

Hämalaun-Pikrofuchsin, nach ihrem Entdecker gewöhnlich als van Gieson-Färbung bezeichnet. Färbung in Hämalaun wie oben. Übertragen in eine Mischung von 95 ccm konzentrierter wässeriger Pikrinsäure und 5 ccm 2 %iger wässeriger Lösung von Säurefuchsin. Färbung 3—5 Minuten, Auswaschen in 70 %igem Alkohol. Eine der universalsten Färbemethoden. Kerne braunviolett, Protoplasma gelb, Bindegewebe leuchtend rot, Muskulatur hellgelb.

Die Injektion.

Das Füllen von Hohlräumen des Körpers, vor allem der Blut- und Lymphgefäße mit festen oder flüssigen Massen ist eine Kunst, die viel Übung und Erfahrung und auch ein nicht unbedeutendes Maß von Geschicklichkeit erfordert. Sie kommt deshalb für den Anfänger eigentlich gar nicht in Betracht. Will er sich aber doch in ihr versuchen, so beginne er mit der Injektion eines einzelnen Organs, dessen Gefäße leicht zugänglich sind, z. B. mit der Injektion der Niere eines größeren Tieres. In die zuführende Arterie wird eine passende Glas- oder Metallkanüle fest einge-

bunden und dann die Masse mittels einer guten Glas- oder Metallspritze, auf die die eingebundene Kanüle gut aufgeschliffen sein muß, vorsichtig unter gelindem Druck injiziert. Sobald die Masse aus der oder den abführenden Venen herausfließt, werden dieselben abgebunden und noch vorsichtig der Druck etwas gesteigert, um die Gefäße prall zu füllen. Nach der Injektion wird die Arterie jenseits der Kanüle abgebunden und das ganze Organ am besten in 10%iges Formalin zwecks Fixation eingelegt.

Die Massen, die wir injizieren, sind entweder von Haus aus flüssig oder fest. Als flüssige Injektionsmasse kommt hauptsächlich das lösliche Berliner Blau in konzentrierter wässeriger Lösung in Betracht. Eine feste Masse erhält man dadurch, daß man einer solchen Berliner Blaulösung Gelatine zusetzt, und zwar in folgender Weise. Man weiche mehrere Tafeln bester, farbloser, französischer Gelatine in einem kleinen Quantum destillierten Wassers über Nacht ein, presse sie gut aus, damit das Wasser wieder möglichst entfernt wird und verflüssige sie in einem größeren Becherglas auf dem Wasserbad. Dann setze man ein gleiches Volum der obigen Berliner Blaulösung zu und dampfe ebenfalls wieder auf dem Wasserbad die Masse auf die Hälfte ihres Volums ein. Diese Masse muß vor dem Gebrauch auf 38—40° erwärmt und mit erwärmter Spritze in lebenswarme oder in vorher mit warmem Wasser durchwärmte Organe injiziert werden.

Die Herstellung roter Massen aus Karmin ist eine so schwierige, daß wir sie dem Anfänger nur dringend abraten können; sie sind zwar in den meisten Handlungen mikroskopischer Utensilien erhältlich, doch taugen sie meistens nichts.

Entkalkung.

Anhangsweise wollen wir hier noch kurz über die Entkalkung von Knochen und Zähnen berichten. Zur Entfernung der Kalksalze aus den Hartgebilden bedienen wir uns einer Anzahl von Säuren. Von ihnen können wir dem Anfänger hauptsächlich die Salpetersäure in 3—5%iger wässeriger Lösung empfehlen. Organe, die entkalkt werden sollen, müssen vorher gut fixiert werden, am besten in Zenkerscher oder Flemmingscher Flüssigkeit. Nach dem Auswaschen wird direkt in 3—5%ige Salpetersäure übertragen. Wie lange die Stücke darin bleiben müssen, hängt von ihrer Größe und ihrem Kalkgehalt ab. Für kleinere Knochen werden 5—6 Tage genügen. Man wechsele die Flüssigkeit täglich und übertrage nach vollendeter Entkalkung in 5%ige wässerige Alaunlösung für 24 Stunden. Ist dadurch die Neutralisation der Säure vollendet, so waschen wir die Stücke 24 Stunden in fließendem Wasser aus; wir können sie dann in gewöhnlicher Weise entwässern und am besten in Zelloidin einbetten. Man hüte sich aus der Säure direkt in Wasser zu übertragen, da es dann zu enormer Quellung des kollagenen Gewebes kommt.

Spezielle mikroskopische Technik.

Untersuchung der Zelle.

Zum Studium der Plasmaströmung eignen sich vorzüglich die Staubfäden- und Blattscheidenhaare von Tradescantia virginica. Man entnehme sie mit der Pinzette und bringe sie in einen Tropfen Wasser unter das Deckglas. Rotationsbewegungen zeigen sehr schön die Blätter von Elodea canadensis und Valisneria spiralis.

Amöboide Bewegung sieht man am deutlichsten an Amöben selbst, die man sich so verschaffen kann, daß man Deckgläser oder Objektträger auf den Boden von Süß- oder Seewasseraquarien auslegt. Man wird dann nach Stunden oder auch Tagen fast immer Amöben auf ihnen finden. Beobachtung in einem Tropfen Aquarienwasser. Abtötung dadurch, daß man den Objektträger mit dem Tier nach unten einige Sekunden über eine Flasche mit Osmiumsäure deckt. Einschluß in Glyzerin. Auch an den Lymphozyten des Froschblutes kann man die amöboide Bewegung studieren, besonders wenn man einen heizbaren Objekttisch zur Verfügung hat.

Zu Untersuchungen über Zell- und Kernstruktur eignen sich vor allem die schönen großen Zellen der Leber, der Niere und des Hoden vom Feuersalamander, Wassermolch und vom Axolotl. Fixation in Sublimatessigsäure, Zenkerscher oder Flemmingscher Flüssigkeit. Färbung in Eisenalaun-Hämatoxylin, Safranin oder Methylviolett.

Zum Nachweis der Altmannschen Granula (Bioblasten) eignet sich die von Altmann angegebene Methode. Möglichst frische und kleine Organstückchen werden 24 Stunden lang in einer Mischung von gleichen Teilen 5%iger Kaliumbichromat- und 2%iger Osmiumsäurelösung fixiert, dann einige Stunden in fließendem Wasser gespült, hierauf rasch durch Überführung in immer stärkere Alkohollösungen, von 70%iger angefangen, entwässert und nach Behandlung mit Xylol in Paraffin eingebettet. Möglichst dünne Schnitte, unter 3 μ. Behufs Färbung werden die Schnitte mit Eiweiß oder 30%igem Alkohol auf die Objektträger aufgeklebt und mit Anilinwasser-Säurefuchsin tingiert. (In 100 ccm Anilinwasser [siehe S. 526] werden 20 g Säurefuchsin gelöst.) Die Färbung erfolgt so, daß auf die Objektträger ein gewisses Quantum Fuchsinlösung gegossen und hierauf bis zur Dampfbildung erwärmt wird. Das Präparat wird abgekühlt und

ein- oder zweimal in Pikrinsäurelösung (1 Volumen konzentrierter Pikrinsäurelösung in absolutem Alkohol auf 2 Volumina Wasser) abgespült, worauf wiederum etwas erwärmt wird, so daß die ganze Prozedur 30—60 Sekunden in Anspruch nimmt. Kurz absoluter Alkohol, Xylol, eingedickter Kanadabalsam.

Eine von Kull in Anwendung gebrachte, empfehlenswerte Modifikation obiger Methode besteht darin, daß statt der Pikrinsäure Thionin und Aurantia zur Differenzierung Verwendung finden. Die ganze Prozedur hat folgenden Verlauf: es wird 1. wie bei der Altmannschen Methode mit Säurefuchsin gefärbt, 2. gekühlt und mit destilliertem Wasser abgespült, 3. entweder mit gesättigter wässeriger Thioninlösung (1—2 Minuten) oder mit 0,5%iger wässeriger Lösung von Toluidinblau gefärbt, 4. mit destilliertem Wasser abgespült, 5. unter dem Mikroskop mit 0,5%iger Aurantialösung in 70%igem Alkohol (20—40 Sekunden) differenziert. 6. in 96%igem absoluten Alkohol entwässert und durch Xylol in Balsam eingeschlossen.

Zum Nachweis der Mitochondrien eignen sich in erster Linie die Methoden von Benda und von Regaud.

Die Bendasche Methode. Möglichst kleine Stücke lebensfrischer Gewebe werden 8 Tage lang in Flemmingscher Lösung fixiert. Nach einstündiger Durchspülung mit destilliertem, mehrere Male gewechseltem Wasser gibt man sie zunächst auf 24 Stunden in ein Gemisch von gleichen Teilen von Acetum pyrolignosum rectif. und 1%iger Chromsäure, dann auf die gleiche Zeit in 2%ige Lösung von Kali bichromicum. Die derart behandelten Stücke werden ein paar Stunden lang in strömendem Wasser gewaschen, rasch durch immer stärkere Alkohollösungen in Xylol oder Chloroform übergeführt und in Paraffin eingebettet. Derartig zubereitetes Material wird möglichst dünn (unter 5 μ) geschnitten und die Schnitte mit 30%igem Alkohol oder Wasser aufgeklebt. Es folgt dann eine 24-stündige Beizung in 4%iger Lösung von Eisenalaun, Abspülung in destilliertem Wasser und Einlegen für 24 Stunden in eine wässerige Lösung von alizarinsulfosaurem Natron, welch letztere durch Verdünnung von 1 ccm gesättigter wässeriger Lösung mit 80—100 ccm Wasser bereitet wird. Nach Abspülung mit destilliertem Wasser werden die Präparate in Uhrschälchen mit einer Mischung von Kristallviolettlösung und Anilinwasser (Bendas Kristallviolettlösung ist eine 30%ige Lösung des Farbstoffes in 70%igem Alkohol, mit Anilinwasser zu gleichen Teilen vermischt) gebracht und bis zur Dampfbildung erwärmt. In der erwärmten Flüssigkeit verbleiben die Präparate 3—5 Minuten; hierauf werden sie 3—5 Minuten gekühlt und nachdem sie mit Fließpapier getrocknet oder in destilliertem Wasser abgespült worden, auf 1—2 Minuten in 30%ige Essigsäure gelegt, danach 5—10 Minuten lang gründlich in fließendem Wasser gewaschen. Nach Trocknen mittels Fließpapier taucht man sie

für einen Augenblick in absoluten Alkohol und schließt sie rasch durch Bergamottöl und Xylol in Balsam ein.

Durch dieses Verfahren werden Kerne, Archoplasma und die Fadenstrukturen des Zytoplasmas braunrot, die Mitochondrien aber intensiv violett gefärbt.

Regaudsche Methode. Von mehreren Methoden dieses Forschers liefern die Modifikationen E und F die besten Resultate.

Die E-Methode. Man fixiert in 10%igem Formol 1—5 Tage lang, worauf das Material 2—4 Wochen lang in 3%igem Kali bichromicum gebeizt und 24 Stunden lang in fließendem Wasser gewaschen wird.

Die F-Methode. Fixiert wird in einer Mischung von 80 Teilen 3%igem Kali bichromicum und 20 Teilen Formol; in dieser Mischung, die öfters gewechselt wird, bleiben die Präparate 2—4 Tage liegen, worauf sie auf 1 Woche in 3%iges Kali bichromicum eingelegt und danach 24 Stunden in fließendem Wasser ausgewaschen werden.

Die nach einer dieser Methoden fixierten Schnitte färbt man mit Heidenhains Eisenhämatoxylin oder mit Regauds Hämatoxylin (1 g Hämatoxylin wird in 10 ccm Alk. absol. gelöst und der Lösung 10 ccm Glyzerin und 80 ccm destilliertes Wasser zugefügt).

Mitosen trifft man in großer Zahl bei jungen Salamandern. Man verschaffe sich im Mai ein trächtiges Salamanderweibchen, töte es durch Abschneiden des Kopfes und präpariere nun vorsichtig nach Eröffnung des Bauches die sich schon lebhaft bewegenden Jungen heraus. Sie werden am besten in eine weiße Porzellanschüssel mit Fluß- oder Leitungswasser gebracht und tüchtig Wasserpflanzen zugesetzt. Am nächsten Tage gebe man zunächst wenig Futter in Gestalt von Daphnien, Wasserflöhen. Die Tierchen fressen sofort. Das Wasser muß täglich gewechselt werden. Nach 3—4tägiger Fütterung wird man äußerst zahlreiche Mitosen treffen. Man töte die Tiere durch Einlegen in die Fixationslösung (von Flemming oder Zenker). Sind sie tot, so öffne man rasch den Bauch und lege sie für 24 Stunden in die Lösung zurück. Man kann entweder in toto einbetten und schneiden oder man zieht von den in dünnem Alkohol befindlichen Larven die Hornhaut oder Stücke der Epidermis ab. Auch die kleinen der Länge nach aufgeschnittenen Lungen zeigen zahlreiche Mitosen. Färbung mit Hämalaun oder Eisenalaun-Hämatoxylin.

Ein für Untersuchungen über Karyokinese sehr geeignetes Objekt bilden Pflanzenzellen. Man bringt eine gewöhnliche Zwiebel auf ein Hyazinthenglas mit Wasser und verwendet die am Ende des zweiten Tages ausgewachsenen, ca. 2 cm langen Wurzeln. Sie geben, am besten in einer Mischung von 15 ccm konz. wässeriger Pikrinsäure, 15 ccm Formalin, 15 ccm konz. wässeriger Sublimatlösung und 5 ccm Essigsäure fixiert, sehr schöne Bilder der verschiedenen Stadien mitotischer Teilung.

Zur Untersuchung der verschiedenen Stadien der Befruchtung eignet sich vorzüglich der Pferdespulwurm (Ascaris megalocephala), den man

sich von jeder Roßschlächterei verschaffen kann. Die weiblichen Tiere werden mit Nadeln aufgesteckt, geöffnet, die Eiröhren entfernt und in Sublimatessigsäure oder Carnoy fixiert. Man findet in ihnen, je dicker der Schlauch wird, um so ältere Stadien der Eireifung und Befruchtung. Das Endstück enthält befruchtete und in der ersten Teilung befindliche Eier. Sehr vorsichtige Einbettung, Färbung der Schnitte in Eisenalaun-Hämatoxylin. Man kann auch kleine Stücke des Schlauches in Hämalaun oder noch besser in einer konzentrierten wässerigen Lösung von Bismarckbraun durchfärben, hierauf die Eier in Glyzerin untersuchen und konservieren.

Zwecks Darstellung des Golgischen Netzapparates in Ganglienzellen fixiert Kopsch die Spinalganglien in 2%iger Osmiumsäure innerhalb von 5—8—14 Tagen, Sjövall dagegen 8 Stunden in 10%iger Formollösung bei 7° C, spült hierauf mit Wasser ab und läßt nachträglich 2%ige Osmiumsäure 2 Tage lang bei einer Temperatur von 35° C einwirken.

Untersuchung des Epithelgewebes.

Man kann viele Epithelien in frischem Zustande einfach so untersuchen, daß man mit dem Spatel oder der gereinigten Fingerkuppe über die betreffende Schleimhaut streicht und die anhängenden Zellmassen in einem Tröpfchen physiologischer Kochsalzlösung verteilt.

Auf diese Weise erhält man z. B. ohne weiteres die oberflächlichen platten Epithelzellen der eigenen Mundhöhle. Man kann die Zellen direkt in ein Tröpfchen verdünntes Hämalaun bringen; nach einigen Minuten bedeckt man sie mit einem Deckglas und gibt an die eine Kante des Deckglases einen Tropfen destilliertes Wasser. Hält man nun an die gegenüberliegende Kante ein Stückchen Fließpapier, so wird man durch die saugende Wirkung des letzteren einen Wasserstrom erzeugen, der den überflüssigen Farbstoff wegschwemmt. Den Wassertropfen kann man dann durch einen Tropfen Glyzerin ersetzen und so ein Dauerpräparat erhalten.

Für die Untersuchung des Zylinderepithels und der Becherzellen des Magendarmkanales bediene man sich in der früher angegebenen Weise des Drittelalkohols.

Die Kittlinien lassen sich am besten durch Versilberung darstellen. Man breite das Mesenterium des Frosches oder ein Stück Mesenterium eines neugeborenen Tieres recht vorsichtig in einer größeren trockenen Uhrschale aus und tropfe dann mittels einer Pipette 0,75%ige wässerige Lösung von Höllenstein auf. Nach wenigen Minuten entfernt man die Silberlösung durch vorsichtiges Abspülen mit destilliertem Wasser und legt die Uhrschale mit dem Präparat auf einen flachen, mit destilliertem Wasser gefüllten weißen Porzellanteller. Bringt man das Ganze nun in Sonnenlicht, so tritt sehr bald die Reduktion ein. Im diffusen Tageslicht dauert es etwas länger. Nachfärben in Hämalaun. Einschluß in Glyzerin. Kittlinien schwarz, Kerne hellblau.

Zur Darstellung der Schlußleisten fixiere man Drüsen, Darmschleimhaut oder ähnliches in Zenker und färbe die Paraffinschnitte in der oben besprochenen Weise mit Eisenalaun-Hämatoxylin.

Untersuchung der Stützsubstanzen.

Gallertgewebe trifft man besonders schön im Flossensaum von Kaulquappen. Man werfe die Tierchen einfach in Müllersche Flüssigkeit, die man zwei- oder dreifach mit Wasser verdünnt hat. Nach 2—3 Tagen kann man dann die Epidermis vom Schwanze durch vorsichtiges Pinseln entfernen. Man schneidet den Schwanz ab, wäscht ihn mehrere Stunden lang in fließendem Wasser aus, färbt mit Hämalaun und schließt in Glyzerin ein. Nabelschnur von jüngeren Embryonen fixiert man in Zenker und färbt die Paraffinschnitte nach van Gieson.

Zur Untersuchung der Elemente des fibrillären Bindegewebes empfiehlt sich vor allem die von Ranvier angegebene Methode des künstlichen Ödems. Man spritzt einem Kaninchen, einer Ratte oder einer Maus mittels Pravazspritze 1—2 ccm physiologischer Kochsalzlösung unter die geschorene Haut in das subkutane Bindegewebe ein. Es entsteht eine Ödemkugel. Die Haut wird vorsichtig abgetragen und man schneidet von der entblößten Ödemkugel kleine, flache Stückchen mit einer scharfen krummen Schere ab und bringt sie unter das Deckglas. Um die elastischen Fasern und Kerne der Bindegewebszellen scharf hervortreten zu lassen, bringe man auf den Objektträger unter das Deckglas einige Tropfen $2^0/_0$iger Essigsäure und lasse die Säure mehrere Minuten lang wirken.

Ein sehr bequem zu erlangendes Objekt für das Studium des geformten Bindegewebes bilden die kleinen Sehnen des Mäuseschwanzes. Man schneide ein 1 cm langes Stückchen davon ab. Drückt man nun auf die Haut, so quellen sofort die kleinen Sehnen aus den Enden hervor. Man kann eine solche entweder frisch in Kochsalz untersuchen oder man lege sie zunächst für 24 Stunden in konzentrierte wässerige Pikrinsäure. Dann läßt sie sich leicht zerzupfen. Oder man lege solche Sehnen für 2—4 Wochen in Karmalaun oder in Hämalaun. Sie werden hierin ganz weich und gleichzeitig färben sich die Sehnenzellen sehr schön. Einschluß in Glyzerin.

Zur Färbung von elastischen Fasern im Paraffinschnitt ist die folgende von Weigert angegebene Methode allen anderen vorzuziehen. Man löse 2 g Magentarot in 100 ccm destilliertem Wasser und ebenso 4 g Resorzin in der gleichen Wassermenge. Beide Lösungen werden gemischt und die Mischung in einer Emailschale erhitzt. Sobald sie anfängt zu kochen, gibt man 25 ccm Liquor ferri sesquichlorati zu und kocht noch ein paar Minuten. Nach dem Erkalten filtriert man, das Filtrat wird weggegossen, das Filter mit dem Filterrückstand aber in die vorher benutzte Schale zurückgebracht und mit 200 ccm $95^0/_0$igem Alkohol auf dem Wasserbad vorsichtig bis zum Blasenwerfen erwärmt. Dann gießt man die erkaltete

Lösung vom Bodensatz ab, füllt mit 95%igem Alkohol auf 200 ccm auf und setzt 4 ccm konzentrierter Salzsäure zu. In dieser Lösung färbt man Schnitte aus Alkohol 15—20 Minuten lang und spült nachher gründlich in 95%igem Alkohol ab. Elastische Fasern tief blauschwarz. Man kann auch zuerst die Kerne in Hämalaun färben, in Wasser auswaschen, dann in der angegebenen Weise die elastischen Fasern färben und aus dem Waschalkohol in das Giesonsche Pikrofuchsin übertragen. Dann erhält man braunviolette Kerne, gelbes Protoplasma und Muskelfasern, rote kollagene und schwarze elastische Fasern.

Zur Untersuchung des Fettgewebes eignet sich vor allem das Netz und Mesenterium von Kaninchen und Meerschweinchen. Man fixiert in 10%igem Formalin, wäscht in Wasser aus und färbt in Hämalaun. Nach dem Auswaschen in einer Uhrschale ausbreiten und mit 50%igem Alkohol übergießen. Nach 5 Minuten überträgt man die Präparate in eine konzentrierte Lösung von Sudan III. oder Scharlach R in 80%igem Alkohol. Färben 15 Minuten lang, in Wasser auswaschen und Einschluß in Glyzerin Kerne blau, Fett scharlachrot.

Für Hyalinknorpel eignen sich die Rippenknorpel von Kindern oder jungen Tieren. Fixation in Formalin, Färbung von Rasiermesserschnitten in Hämatoxylin oder Hämalaun. Elastische Knorpel der Ohrmuschel oder Epiglottis fixiert man in absolutem Alkohol und färbt, eventuell nach Paraffin- oder Zelloidineinbettung, nach van Gieson in Verbindung mit der oben beschriebenen Weigertschen Methode. Bindegewebsknorpel findet man in den Zwischenwirbelscheiben und an der Ansatzstelle des Lig. teres femoris. Fixation in Zenker, Färbung nach van Gieson.

Zur Untersuchung des Baues von Knochen und Zahn dienen vor allem Dünnschliffe, die man folgenderweise herstellt. Recht gut mazerierte Knochen und Zähne werden mit der Laubsäge in 1—2 mm dicke Schnitte zerlegt und letztere zuerst beiderseits auf Schmirgelpapier, dann auf einer mit Bimssteinpulver bestreuten matten Glasplatte geschliffen. Von Zeit zu Zeit werden zum Pulver einige Tropfen Wasser zugegeben. Ist der Schliff papierdünn geworden, so poliert man ihn auf einem Abziehstein, spült ihn tüchtig mit Wasser aus und trocknet ihn. Die trockenen Schnitte werden einfach ohne jeden Zusatz unter das Deckglas gebracht und letzteres mit Kitt umrandet. In solchen Schliffen sind alle Hohlräume mit Luft erfüllt und treten im durchfallenden Licht tiefschwarz hervor.

Noch schönere Bilder der Knochenhohlräume erhält man, wenn man sie mit Farbstoff füllt. Man koche die dünnen Sägeschnitte vorsichtig auf dem Sandbade mindestens eine Stunde lang in einer Mischung einer gesättigten Lösung von Methylviolett und Fuchsin in absolutem Alkohol so lange, bis der gesamte Alkohol verdampft ist, trocknet dann die aus dem Farbbrei entfernten Schnitte 24 Stunden lang im Aufsatz des Paraffinofens und schleift sie zunächst trocken auf Schmirgel-

papier, hierauf auf einer matten mit Bimssteinpulver bestreuten Glasplatte, indem man von Zeit zu Zeit ein paar Tropfen Xylol zusetzt. Endlich poliert man sie auf einem Abziehstein ebenfalls mit Xylol, wäscht in Xylol aus und schließt in Kanadabalsam ein. Die Berührung der Schliffe mit Wasser oder Alkohol muß ängstlich vermieden werden.

Untersuchung des Muskelgewebes.

Quergestreifte Muskelfasern kann man frisch in Kochsalzlösung zerzupfen oder man zerhackt sie trocken, möglichst der Quere nach, mit einem scharfen Rasiermesser, legt ohne jeden Zusatz ein Deckglas auf und umrandet. Zur Demonstration der Kerne setzt man einige Tropfen 2%iger Essigsäure zu. Zur Isolation der Fasern dient 33,5%ige Kalilauge. Um Fibrillen zu isolieren, legt man kleine Muskelstückchen 24 Stunden lang in Drittelalkohol oder 0,1%ige wässerige Chromsäure und zerzupft sie recht gut.

Für das Studium der Querstreifung eignen sich vor allem die Muskeln verschiedener Wasserkäfer. Man untersuche frische oder in Alkohol fixierte Muskeln; zerzupfen und in Glyzerin konservieren.

Zur Isolation von glatten und Herzmuskelzellen dient 33,5%ige Kalilauge. Nach einer Einwirkung von 20 Minuten bringt man kleine Stückchen in ein Schälchen mit 50%iger Essigsäure und bewegt es zwecks gründlicher Neutralisation hin und her. Dann wird in destilliertem Wasser ausgewaschen, einige Stunden in Karmalaun gefärbt und in Glyzerin zerzupft und eingeschlossen.

Für Schnittpräparate fixiere man in Zenker und färbe in van Gieson oder in Eisenalaun-Hämatoxylin.

Untersuchung des Nervengewebes.

Isolierte Nervenzellen erhält man folgendermaßen: 0,5—1 cm dicke Scheiben aus dem Hals- oder Lendenmark von Pferd oder Rind werden mehrere Tage in Drittelalkohol mazeriert. Nach dieser Zeit sticht man mit einem Skalpell kleine Stückchen aus dem Vorderhorn heraus, färbt in verdünntem Hämalaun oder Karmalaun und zerzupft in Glyzerin.

Zur Fixation der Nervenzellen benutze man nur ganz lebensfrisches Material und fixiere in absolutem Alkohol oder noch besser in Carnoy. Einbettung in Paraffin, Färbung der Schnitte mit Eisenalaun-Hämatoxylin oder mit einer Lösung von 1,5 g Methylenblau und 0,7 g feingeschabter venezianischer Seife in 400 ccm destilliertem Wasser. Man färbe die Schnitte aus Wasser 15—20 Minuten lang in gut zugedecktem Färbeglas im Paraffinofen und differenziere in einer Mischung von 9 Teilen 95%igem Alkohol und 1 Teil Anilin. Die weiße Substanz muß sich vollkommen entfärben. Das Anilin soll gut in Xylol ausgewaschen werden.

Zur Darstellung der Fibrillen der Nervenzellen fixiere man (nach Ramón y Cajal) Rückenmark, Gehirn oder periphere Ganglien jüngerer

Tiere 24 Stunden lang in einer reichlichen Menge absoluten Alkohols, dem man auf 100 ccm 3—4 Tropfen Ammoniak zugesetzt hat. Am nächsten Tag kurz in destilliertem Wasser auswaschen und für 3—5 Tage in 2%ige wässerige Höllensteinlösung einlegen. Die Gläser sollen im Aufsatz des Paraffinofens stehen. Abspülen in Wasser und übertragen für 24 Stunden in eine Lösung von 2 g Pyrogallussäure in 5 ccm Formalin und 95 ccm destilliertem Wasser. Dann abspülen in Wasser, entwässern und in Paraffin einbetten. Die aufgeklebten Paraffinschnitte werden in Xylol gebracht und dann in Kanadabalsam eingeschlossen.

Markhaltige Nerven zerzupft man frisch in Kochsalzlösung.

Zwecks Fixation bindet man den sehr vorsichtig frei präparierten Nerven in situ auf einen dünnen Glasstab, schneidet jenseits der Ligaturen durch und legt Glasstab mit Nerv für 24 Stunden in 0,5%ige Osmiumsäure oder Flemming. Nach Auswaschen in Wasser und Entwässern in Alkohol kann man den Nerven losschneiden, 24 Stunden in Safranin färben, in absolutem Alkohol differenzieren, in Nelkenöl übertragen und in diesem auf dem Objektträger zerzupfen. Kerne der Schwannschen Scheide rot, Mark schwarz. Man kann die in obiger Weise fixierten und ausgewaschenen Nerven auch 2—3 Tage lang in 2%iger wässeriger Säurefuchsinlösung färben, im Laufe von 24 Stunden entwässern und durch Chloroform in Paraffin einbetten. Auf Quer- und Längsschnitten treten dann sehr schön die Fibrillen rotgefärbt hervor.

Marklose Nervenfasern findet man in großer Zahl im N. vagosympathicus von Hund und Katze.

Zur Darstellung der Ranvierschen Kreuze lege man den in obiger Weise aufgebundenen markhaltigen Nerven über Nacht in 0,75%ige wässerige Höllensteinlösung. Auswaschen in destilliertem Wasser, entwässern, in Xylol zerzupfen, Einschluß in Balsam.

Untersuchung des Blutes.

Bei Blutuntersuchungen ist die peinlichste Reinlichkeit von Deckgläsern und Objektträgern erste Bedingung. Man entnehme das Blut der gut mit Äther gereinigten Fingerbeere; nachdem man in diese mit einer reinen Nadel einen Einstich gemacht hat, schleudere man den ersten hervorquellenden Tropfen weg und fange den zweiten mit dem Deckglase auf; sodann lege man letzteres mit der Blutseite nach unten auf einen Objektträger, wobei jeder Druck vermieden werden soll, und untersuche zuerst frisch ohne jeden Zusatz. In dünnen Präparaten können die isolierten Blutelemente, in dickeren die Geldrollenbildung, die Fibrinfäden usw. studiert werden, eventuell auf dem heizbaren Objekttische. Man kann dann starke Kochsalzlösung, Essigsäure, destilliertes Wasser usw. solchen Präparaten zusetzen und deren Wirkung untersuchen.

Will man Dauerpräparate farbiger sowie farbloser Blutzellen anfertigen, so verfahre man auf folgende Weise: man bringe vom ange-

stochenen Finger einen kleinen Bluttropfen auf das Deckglas, bedecke ihn mit einem zweiten Deckglase und ziehe beide Deckgläser sodann so auseinander, daß das Blut sich in möglichst dünner Schicht gleichmäßig ausbreite.

Das lufttrockene Präparat fixiert man entweder im Thermostaten bei 120—125° C oder in absolutem Alkohol und Äther āā. 10—30 Minuten oder in absolutem Alkohol ca. 15 Minuten oder auch in absolutem Methylalkohol 3—5 Minuten. Erst nachher kann man zur Färbung schreiten und dazu die verschiedensten Methoden benutzen. Das beste Kernfärbungsmittel ist das Hämatoxylin, z. B. filtriertes Delafieldsches Hämatoxylin 10—15 Minuten. Eosin (Höchst oder französisch) in $^1/_2$%iger wässeriger oder alkoholischer Lösung färbt in 1—3—5 Minuten sowohl die roten Blutkörperchen als auch die eosinophilen Zellen. Dahlia in alkoholischer Lösung färbt nach 4—6 Stunden die Granula der Mastzellen violett. Die neutrophilen Granulationen kommen bei Färbung mit kombinierten Farbstoffmischungen, z. B. Ehrlichs Triazidlösung (Orange, Säurefuchsin, Methylgrün) oder bei Färbung mit eosinsaurem Methylenblau (Jenner, May-Grünwald) zum Vorschein.

Um gute Übersichtsbilder zu erhalten, wende man 1. die Triazidfärbung oder 2. das Eosin-Methylenblaugemisch nach Jenner oder May-Grünwald an. Ersteres färbt vorzüglich die neutrophilen Granulationen, hat aber den Nachteil, daß die Mastzellen nicht mitgefärbt werden und als negative Bilder erscheinen; letzteres hat, abgesehen davon, daß es simultan alle Blutelemente färbt, noch den Vorteil, daß sein Gehalt an Methylalkohol das Fixieren der Deckglaspräparate überflüssig macht.

Die Ehrlichsche Triazidlösung wird folgendermaßen hergestellt: 13—14 ccm Orange-G-Lösung, 6—7 ccm Säurefuchsinlösung, 15 ccm destilliertes Wasser, 15 ccm Alkohol absol., 12,5 ccm Methylgrün, 10 ccm Alkohol, 10 ccm Glyzerin. Die drei Farbstoffe werden in gesättigter Wasserlösung angewandt und durch längeres Stehenlassen geklärt. Die Stoffe werden in der vorgeschriebenen Reihenfolge in dem gleichen Meßglase abgemessen und die Mischung gründlich geschüttelt. Nachdem die trocknen Blutausstriche bei 120° C fixiert worden sind, werden sie ca. 5 Minuten lang gefärbt, dann sorgfältig in destilliertem Wasser gewaschen und zwischen Fließpapier getrocknet. Einbettung in Kanadabalsam.

Das eosinsaure Methylenblau, von Jenner nach May-Grünwald modifiziert, wird als Pulver folgendermaßen hergestellt: 1,25%ige wässerige Eosinlösung und 1%ige wässerige Lösung von Methylenblau medicinale werden gemischt, umgerührt und 24 Stunden offen stehen gelassen. Der entstandene Niederschlag wird auf dem Filter gewaschen und darauf getrocknet. Von diesem eosinsauren Methylenblau wird 1 g in 100 ccm Methylalkohol und 50 ccm Glyzerin gelöst.

Die trockenen Blutausstriche werden mehrere Minuten gefärbt; weitere Behandlung wie bei voriger Färbung.

Die Färbung nach der modifizierten Pappenheimschen Methode beruht auf kombinierter Färbung mit May - Grünwaldscher und Giemsascher Lösung [1]).

Pappenheim fixiert das auf Deckgläschen ausgebreitete und angetrocknete Blut 3 Minuten in 5 Tropfen May-Grünwald-Lösung, setzt dann destilliertes Wasser ca. 20 Tropfen auf ein Deckglaspräparat zu und läßt diese Mischflüssigkeit 1 Minute lang einwirken. Die Flüssigkeit wird dann abgegossen und verdünnte Giemsa-Lösung (15 Tropfen auf 10 ccm Aq. dest.) angewendet. In dieser Lösung soll das Präparat 12—14 Minuten verbleiben; hierauf wird der Farbstoff mit Wasser abgewaschen und das Präparat, jedoch nicht über der Flamme, getrocknet.

Zwecks Darstellung von Blutplättchen bringt man auf die gut gereinigte Fingerkuppe ein Tröpfchen 1%ige Osmiumsäure und sticht mit der Nadel durch den Tropfen in die Haut. Das hervorquellende Blut mischt sich sofort mit der Osmiumsäure und wird momentan fixiert. Man bringe einen Tropfen auf den Objektträger und bedecke ihn mit dem Deckglas.

Statt Osmiumsäure kann man auch physiologische Kochsalzlösung nehmen, der man auf 100 ccm 1 ccm 1%iger wässeriger Methylviolettlösung zusetzt.

Untersuchung der Organe des Kreislaufsystems.

Kleine Blutgefäße und Kapillaren bietet uns am schönsten die Pia mater des Gehirns. Man schneide von der Oberfläche eines frischen Gehirns mit dem Rasiermesser eine flache Scheibe ab und lege sie auf einen Objektträger mit der Außenfläche nach unten. Man entferne mit Hilfe von Nadel, Spatel und Pinsel die Hirnmasse, bis nur noch die Pia auf dem Objektträger bleibt und spritze diese mit der Pipette gut mit Wasser ab, um jeden Rest von Hirnsubstanz zu entfernen. Dann wird mit Hämalaun gefärbt und in Glyzerin eingeschlossen.

Um das Gefäßepithel zur Anschauung zu bringen, töte man ein Kaninchen durch Verblutung und injiziere von der Aorta descendens aus 0,5%ige Höllensteinlösung. Dann wird das große Netz oder ein Stück des Mesenteriums in destilliertem Wasser dem Lichte ausgesetzt. Nach Färbung mit Hämalaun Einschluß in Glyzerin.

Der Blutkreislauf läßt sich am einfachsten bei mäßig großen Kaulquappen beobachten. Man bringe mehrere Tiere in eine kleine Schale mit ca. 200 ccm Wasser und tropfe von einer 5%igen Kokainlösung ungefähr 10—20 Tropfen zu. Sobald die Tiere sich nicht mehr bewegen, bringe man sie in eine große Schale mit frischem Wasser. Man kann die nun lange

[1]) Giemsasche Lösung enthält Methylenazur, Methylenblau und Eosin in Glyzerin und Methylalkohol; fertig bei Grübler zu haben.

Zeit ganz regungslosen Tiere auf einen Objektträger bringen und den Schwanz mit schwacher Vergrößerung durchmustern. Zwecks eingehender Untersuchung kann man auch das freie Schwanzende mit einem Deckglas bedecken, nur muß man ein kleines Stückchen Fließpapier oder dergleichen mitunterlegen, um einen zu starken Druck des Deckglases zu vermeiden.

Zu Übersichtsbildern über das Herz fixiere man das Herz kleiner Säugetiere in Zenker und fertige nach Paraffin- oder Zelloidineinbettung Frontal- und Querschnitte an. Färbung nach van Gieson oder Heidenhain.

Blutgefäße fixiert man am besten in absolutem Alkohol und färbt die Paraffinschnitte nach den für das elastische Gewebe angegebenen Methoden.

Zu Übersichtsbildern über Lymphdrüsen eignen sich kleine Hals- oder Mesenterialdrüsen von jungen Katzen und Hunden. Fixation in Zenker. Färbung der Paraffinschnitte nach van Gieson.

Zur Darstellung des Retikulums lege man kleine Lymphdrüsen für mehrere Tage in gleiche Teile destilliertes Wasser und konzentrierte wässerige Pikrinsäure. Man fertige mit dem Rasiermesser oder besser mittels des Gefriermikrotoms dünne Schnitte an und entferne die Lymphozyten durch recht vorsichtiges Auspinseln auf dem Objektträger oder noch besser durch Schütteln mit wenig Wasser im Reagenzrohre.

Milz, Thymus, Schilddrüse und Nebenniere untersucht man am besten an Paraffinschnitten durch die in Zenker oder Flemming fixierten Organe. Nebenniere fixiere man zur Darstellung der chromaffinen Zellen in Müllerscher Flüssigkeit mit Zusatz von 10% Formalin.

Untersuchung der Verdauungsorgane.

Zähne werden wie Knochen behandelt.

Die Schleimhaut der Mundhöhle, die Zunge und die Tonsille werden an Paraffinschnitten untersucht. Fixation in Zenker, Färbung nach van Gieson.

Auch für Speicheldrüsen ist neben Sublimatessigsäure Zenker die geeignetste Fixation. Färbung nach Heidenhain. Zur Darstellung des Schleims Färbung in Muzikarmin oder auch in folgender Weise: man färbe 15—20 Minuten in einer Anilinwasser-Magentarotlösung (siehe dort), am besten im Paraffinofen. Dann wird in Wasser gut ausgewaschen und für 5 Minuten in eine Lösung übertragen, welche in 300 ccm konzentrierter wässeriger Pikrinsäure 1 g Indigokarmin gelöst enthält. Nach der Färbung in 70%igem Alkohol auswaschen. Einschluß in Balsam. Kerne und Schleim tiefrot, Protoplasma gelbgrün, Bindegewebe tiefblaugrün.

Der Ösophagus wird beim Menschen und größeren Tieren aufgeschnitten, bei kleineren Tieren unaufgeschnitten in Zenker fixiert. Färbung wie bei den Speicheldrüsen oder nach van Gieson.

Vom Magen und Darm können nur kleinere Stücke fixiert werden, die man am besten mit Igelstacheln auf Wachsplatten aufspannt. Fixation in Zenker. Sind die Stücke in starkem Alkohol, so schneide man sich mit dem Rasiermesser passende Stückchen zur Einbettung heraus. Färbung wie Speicheldrüsen oder auch mit Hämalaun-Eosin oder -Orange.

Gute Übersichtspräparate vom Pankreas liefert das Pankreas von Mensch, Katze und Hund. Fixation in Zenker oder Sublimatessigsäure, Färbung nach van Gieson. Für den feineren Bau der Pankreaszelle eignet sich vorzüglich das Pankreas von Salamandra. Fixation in Sublimatessigsäure oder Flemming. Färbung in Eisenalaun-Hämatoxylin.

Leber fixiere man in Zenker oder Sublimatessigsäure. Färbung nach van Gieson. Für die Demonstration der interlobulären Septen nehme man Schweineleber, für das Studium der Gallenkapillaren die Leber von Salamandra und Axolotl. Fixation in Sublimatessigsäure, Färbung in Eisenalaun-Hämatoxylin. Man kann die Gallenkapillaren mit Berliner Blau vom Ductus choledochus aus injizieren. Man kann sie auch mit Indigokarmin auf folgende Weise füllen: Einem lebenden, frisch eingefangenen Frosch wird die Rückenhaut in der Länge von 1—2 cm gespalten und eine Messerspitze indigoschwefelsaures Natron in Pulverform in den Rückenlymphsack gebracht. Die kleine Wunde wird durch ein paar Nähte geschlossen und das Tier in feuchtes Moos gesetzt. Am nächsten Tag wird es durch Dekapitation getötet und die Leber, in nicht zu kleine Stückchen zerschnitten, in einer reichlichen Menge absoluten Alkohols aufgehängt. Nach der Entwässerung Xylol und Paraffineinbettung. Die 20—50 μ dicken Schnitte werden zur Lösung des Paraffins in ein Schälchen mit Xylol übertragen und dann auf dem Objektträger in Balsam eingeschlossen. Das ganze Gallenkapillarennetz erscheint mit blauem Farbstoff gefüllt. Auch die beim Nervensystem zu besprechende Golgimethode kann zur Darstellung der Gallenkapillaren dienen. Zur Demonstration des intralobulären Bindegewebes eignet sich vorzüglich die Versilberungsmethode von Bielschowsky. In Formalin fixierte Leber wird mit dem Gefriermikrotom in 10—20 μ dicke Schnitte zerlegt. Die Schnitte kommen für 2—3 Tage in 2%ige Höllensteinlösung und dann, nach kurzem Abspülen in destilliertem Wasser, für ½—1 Stunde in Silberammoniaklösung. Zu 5 ccm 5%iger wässeriger Höllensteinlösung setze man 5 Tropfen 40%iger Natronlauge unter starkem Schütteln zu. Der entstehende Niederschlag von Silberhydroxyd wird durch tropfenweisen Zusatz von starkem Ammoniak gelöst. Man braucht ungefähr 10—15 Tropfen Ammoniak vom spez. Gewicht 0,91. Die Lösung wird mit 15—20 ccm destilliertem Wasser verdünnt. Nach 1 Stunde wird 2- oder 3 mal mit destilliertem Wasser abgespült und in eine Mischung von gleichen Teilen Formalin und Wasser übertragen. Entwässern. Einschluß in Balsam.

Die Gefäße der Leber lassen sich am besten von der Pfortader aus injizieren.

Untersuchung der Respirationsorgane.

Kehlkopf und Luftröhre von Kindern oder jungen Tieren fixiere man in Zenker. Färbung der Paraffinschnitte nach van Gieson in Verbindung mit der Weigertschen Methode für elastisches Gewebe (S. 533).

Lunge fülle man von einem in die Trachea eingebundenen Glastrichter aus mit absolutem Alkohol. Einbettung in Paraffin. Färbung wie Kehlkopf. Zur Darstellung des respiratorischen Epithels injiziere man statt Alkohol 0,5%ige wässerige Höllensteinlösung, schneide kleine Stücke heraus und lege sie im Dunkeln für 24 Stunden in die gleiche Lösung. Dann werden sie oberflächlich in destilliertem Wasser abgespült und auf dem Gefriermikrotom in 20—50 μ dicke Schnitte zerlegt. Die Schnitte werden dem Sonnenlicht ausgesetzt und können dann noch in Hämalaun nachgefärbt werden.

Die Blutgefäße der Lunge injiziert man von der A. pulmonalis aus.

Untersuchung der Harnorgane.

Die Isolation der Harnkanälchen erfolgt durch Salzsäure in der früher geschilderten Weise (S. 512).

Zur Isolation der Epithelzellen der Harnkanälchen lege man dünne Rasiermesserschnitte der Rattenniere für 24 Stunden in 5%ige wässerige Lösung von chromsaurem Ammoniak. Zerzupfen in Glyzerin.

Für Schnittpräparate fixiere man kleinere Stückchen der Niere in Carnoy oder Flemming. Färbung der Paraffinschnitte in Eisenalaun-Hämatoxylin.

Die Blutgefäße der Niere werden von der A. renalis oder von der Aorta descendens aus injiziert.

Untersuchung der Fortpflanzungsorgane.

Zu Übersichtspräparaten fixiere man den Hoden von Neugeborenen in toto in Zenker.

Für feinere Strukturverhältnisse legt man den ganzen Hoden von Maus oder Ratte zunächst in Zenker oder Flemming und schneidet ihn nach 1—2stündiger Einwirkung erst durch. Interstitielle Zellen findet man am schönsten im Katerhoden. Spermiogenese trifft man fast immer im Hoden von Maus und Ratte. Färbung: nach Zenker mit Eisenalaun-Hämatoxylin, nach Flemming mit Safranin.

Samenfäden entnimmt man dem Nebenhoden von Maus und Ratte und beobachtet sie in Ringerscher Flüssigkeit. Zur Herstellung von Dauerpräparaten bringe man ein Tröpfchen Sperma auf den Objektträger und vermische es sofort mit einem Tröpfchen 1%iger Osmiumsäure. Dann breite man es in recht dünner Schicht aus und lasse es trocknen. Das lufttrockene Präparat ziehe man zwei- bis dreimal, Schichtseite nach oben, durch eine Spiritusflamme und färbe dann mit Methylviolett (siehe dort).

Eier erhält man frisch, wenn man die großen Follikel eines Rinder- oder Schweineovariums herauspräpariert und auf dem Objektträger ansticht. Dann fließt zugleich mit dem Liquor auch das Ei heraus.

Eierstöcke von kleineren Tieren, am besten von nicht zu alten Kaninchen, fixiere man in Zenker oder Flemming. Färbung der Paraffinschnitte nach van Gieson, mit Hämalaun-Eosin oder auch mit Eisenalaun-Hämatoxylin. Zur Darstellung des Bindegewebes des Ovariums eignet sich vorzüglich die bei der Leber beschriebene Versilberung nach Bielschowsky (S. 540).

Uterus fixiere man in Zenker, Färbung nach van Gieson, kombiniert mit der Weigertschen Färbung für elastisches Gewebe (S. 533). Das gleiche gilt für die Vagina.

Untersuchung der Bewegungsorgane.

Rotes Knochenmark erhält man aus dem Humerus oder Femur eines beliebigen jungen Tieres. Man säge ein Stück der Diaphyse durch und klemme es in einen Schraubstock ein. Es quillt dann das Mark aus der angeschnittenen Markhöhle hervor. Fixation in Zenker. Färbung in Hämalaun-Eosin oder Eisenalaun-Hämatoxylin. Man kann auch von dem hervorquellenden Mark Ausstrichpräparate anfertigen und diese genau so wie Blutpräparate behandeln.

Für das Studium der Knochenentwickelung eignen sich vorzüglich die Phalangen menschlicher Embryonen des 4.—5. Monats. Fixation in Zenker. Entkalkung in Salpetersäure. Einbettung in Paraffin oder Zelloidin; Färbung in Hämalaun-Eosin. Die Entwicklung von Bindegewebsknochen untersucht man am embryonalen Stirn- oder Scheitelbein.

Für Sehnenquerschnitte ist der Rattenschwanz ein vorzügliches Objekt. Fixation in Zenker. Entkaltung in Salpetersäure. Einbettung in Zelloidin. Färbung nach van Gieson.

Zum Studium der Muskelsehnenverbindung fixiere man das ganze enthäutete Hinterbein des Frosches in Zenker. Im 95%igen Alkohol trennt man die untere Hälfte des M. gastrocnemius mitsamt seiner Achillessehne ab und behandelt sie weiter. Einbettung in Zelloidin. Längsschnitte. Färbung nach van Gieson.

Untersuchung des Nervensystems.

Man nehme das Gehirn- und Rückenmark im Zusammenhang aus der Schädelhöhle bzw. aus dem Wirbelkanal in bekannter Weise heraus und übertrage es in eine große Menge 10%iger wässeriger Formalinlösung. Am besten eignet sich hierzu ein recht weites und hohes zylindrisches Gefäß, dessen Boden handhoch mit Watte belegt wird. Das Gehirn kommt zu unterst, das Rückenmarkende wird mit einer Schnur am Deckel befestigt. Das Gehirn muß aber fest auf der Watte aufliegen, so daß keine Zerrung

entsteht. Nach 2 Tagen wasche man es 2—3 Stunden lang in fließendem Wasser. Nun kann man ohne Schädigung Gehirn und Rückenmark in der jeweilig zu wählenden Schnittrichtung entsprechende Stücke zerlegen. Man übertrage letztere in ein großes Quantum Müllersche Flüssigkeit für 4—6 Wochen. Anfangs muß die Flüssigkeit öfters gewechselt werden.

Zur Darstellung der Form und Verteilung der Nervenzellen in der grauen Substanz spüle man 0,5—1 cm dicke Stücke von Rückenmark und Gehirn, die vorher, wie oben angegeben, behandelt wurden, oberflächlich in Wasser ab und übertrage sie sofort in eine 1 $^0/_0$ige Lösung von karminsaurem Natron für 2—4 Tage. Danach mehrstündiges Auswaschen in Wasser. Einbettung in Paraffin oder Zelloidin.

Zur Darstellung der markhaltigen Fasern dient am besten die von Pal modifizierte Weigertsche Markscheidenfärbung. 1—2 cm dicke Stücke des wie oben fixierten Zentralnervensystems werden oberflächlich in Wasser abgespült, in bekannter Weise entwässert und in Zelloidin eingebettet. Am besten nimmt man alle diese Prozeduren im Dunkeln vor. Die Zelloidinschnitte kommen, nachdem der Alkohol durch Wasser entfernt ist, für zwei Tage in Müllersche Flüssigkeit, der man auf 100 ccm 5 ccm 1 $^0/_0$ige wässerige Chromsäurelösung zusetzt, werden dann kurz in Wasser abgespült und in 1 $^0/_0$ige wässerige Hämatoxylinlösung übertragen. (Über Herstellung siehe Eisenalaun-Hämatoxylin S. 525). Die tiefschwarz gefärbten Schnitte kommen nach 24 Stunden in eine Mischung von 95 ccm destillierten Wassers und 5 ccm konzentrierter wässeriger Lithionkarbonatlösung. Hier zieht die Farbe stark aus und die Mischung wird so lange gewechselt, bis der die Schnitte umgebende Zelloidinmantel vollkommen farblos erscheint. Die nun folgende Differenzierung wird folgenderweise vorgenommen: Man stellt fünf große Uhrschalen mit folgendem Inhalt nebeneinander; die erste Schale enthält destilliertes Wasser, die zweite eine 0,3 $^0/_0$ige Lösung von übermangansaurem Kali, die dritte und vierte Schale enthalten die sog. Säuremischung, d. i. eine Lösung von 1 g Oxalsäure und 1 g schwefligsaurem Kalium in 200 ccm destilliertem Wasser, die fünfte und letzte Schale enthält Leitungswasser. Jeder Schnitt muß nun einzeln auf dem Spatel sämtliche fünf Schalen passieren, wobei er in jeder Schale ca. $^1/_2$—1 Minute zu verbleiben hat. In dem Permanganat bräunt sich der Schnitt, in der Säuremischung hellt er sich auf und es hebt sich nun die tief blau gefärbte weiße Substanz scharf gegen die heller gefärbte graue Substanz ab. Wird dieser Effekt durch einmalige Passage nicht erreicht, so wird die ganze Prozedur so oft wiederholt, bis der richtige Grad der Differenzierung erreicht ist. Die differenzierten Schnitte werden über Nacht gründlich in oft gewechseltem Wasser ausgewaschen, in 90 $^0/_0$igem Alkohol entwässert und durch Karbolxylol und Xylol in Kanadabalsam übertragen.

Zur Darstellung der Nervenzellen hat man sich früher vorzugsweise der Golgischen Chromsilbermethode bedient; diese ist jedoch, so prächtige

Bilder sie auch unter Umständen liefert, so unsicher, daß wir sie dem Anfänger nicht empfehlen können. Dagegen wird man mit den Silberimprägnationsverfahren nach Bielschowsky (s. S. 540) nur selten einen Mißerfolg erleben. Wir wollen sie aber doch in aller Kürze besprechen. Man verwende nur Material von ganz jungen, höchstens 3—4 Wochen alten Tieren oder Menschen oder noch besser embryonales Nervensystem. Vorzüglich eignen sich Rückenmark und Gehirn von jungen Kälbern, neugeborenen Hunden und Katzen, wenige Tage alten Mäusen, 6—10 Tage alten Hühnerembryonen. Bei beiden letzteren kann man die Wirbelsäule mitschneiden. Man bringe kleine Stücke in eine Mischung von 4 Teilen 3,5%iger wässeriger Lösung von Kaliumbichromat und 1 Teil 1%iger Osmiumsäure für 2—7 Tage auf den Paraffinofen bei 25—30°. Man nehme nicht zu wenig von der Flüssigkeit: auf ein Stückchen mindestens 10 bis 15 ccm. Von der Dauer der Einwirkung hängt bis zu einem gewissen Grade der Erfolg ab; zuerst imprägnieren sich die Gliaelemente, dann die Nervenzellen und am spätesten die Nervenfasern mit ihren Kollateralen. Dann werden die Stückchen auf Fließpapier etwas abgetrocknet und in 0,75%ige wässerige Höllensteinlösung für 1—3 Tage übertragen. Die nicht abgewaschenen Stückchen werden dann innerhalb 1—2 Tagen entwässert, für die gleiche Zeit in eine mitteldicke Zelloidinlösung übertragen, auf Holzklötzchen aufgeklebt und zur Nachhärtung mehrere Stunden in 70%igen Alkohol gelegt. Man fertige mit dem Mikrotom dicke (50—100 μ) Schnitte an, übertrage sie in 90%igen Alkohol, Karbolxylol und Xylol. Die Schnitte werden in Balsam eingeschlossen, dürfen aber nicht mit einem Deckglas bedeckt werden. Am besten legt man die Schnitte auf Deckgläser in einen Tropfen Balsam. Ist letzterer hart geworden, so dreht man das Deckglas um und legt es, mit dem Präparat nach unten, auf einen mit entsprechendem Ausschnitt versehenen hölzernen Objektträger, auf dem man es mit Krönigschem Lack festkittet.

Für das Studium des Nervenquerschnittes eignet sich der N. ischiadicus vom Menschen oder von größeren Tieren. Fixation in Müller, Färbung in karminsaurem Natron (siehe oben), Einbettung in Paraffin. Nachfärbung der Schnitte mit Pikrinsäure-Indigokarmin (siehe S. 539) oder Fixation in Zenker, Färbung der Schnitte nach van Gieson.

Für die Darstellung der Zellen der Spinalganglien eignet sich in erster Linie die Bielschowskysche Silberimprägnation, dann aber auch ganz vorzüglich die sog. vitale Methylenblaufärbung, deren Technik hier ganz kurz in der einfachsten Form angeführt sei. Einem tief narkotisierten Tiere — am besten eignen sich hierzu Kaninchen — wird der Thorax geöffnet und das Tier durch Abschneiden der Herzspitze verbluten lassen. Sobald das erfolgt ist, führt man eine mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllte Kanüle durch den linken Ventrikel hindurch in die Wurzel der Aorta und bindet sie dort ein. Die Aorta descendens wird oberhalb des Zwerchfells abgebunden. Nun injiziere man unter möglichst geringem

Druck eine körperwarme Lösung von 0,5 g Methylenblau (am besten eignet sich das Methylenblau chemisch rein kristall. der Höchster Farbwerke) in 200 ccm destilliertem Wasser so lange, bis Zunge und Konjunktiva tief blau gefärbt sind. Das Tier bleibt $^1/_2$ Stunde liegen, dann werden die zu untersuchenden Teile freigelegt und der Luft ausgesetzt. Spinalganglien halbiere man mit einem scharfen Rasiermesser der Länge nach und lege sie in eine feuchte Kammer. Nach $^1/_2$—2 Stunden tritt die Färbung ein. 12 Stunden lang fixieren in 10%iger wässeriger Lösung von Ammoniummolybdat, auswaschen 1—2 Stunden in fließendem Wasser, entwässern durch mehrere Stunden in auf Eis abgekühltem Alkohol. abs., Xylol, Paraffineinbettung. Man fertige dicke Schnitte an, löse das Paraffin in Xylol und schließe in Balsam ein.

Den Übergang der bipolaren Form der Spinalganglienzellen in die unipolare Form trifft man bei Hühnerembryonen von 10—15 Tagen. Behandlung nach Golgi (S. 544), Ramón y Cajal (S. 535) oder Bielschowsky (S. 540).

Nervenendkörperchen untersuche man durch Fixation des betreffenden Materials in 0,5%iger Osmiumsäure oder in Flemming. Für Merkelsche Tastzellen empfiehlt sich die Haut des Schweinerüssels, für Grandrysche und Herbstsche Körperchen die Wachshaut des Entenschnabels, für Meißnersche Körperchen die Haut der Fingerbeere vom Menschen, für Pacinische Körperchen das Mesenterium der Katze, für Krausesche Endkolben die Conjunctiva bulbi.

Für alle peripheren Nervenendigungen verwendet man die folgende Vergoldungsmethode von Ranvier: 8 Teile 1%iger wässeriger Goldchloridlösung und 2 Teile Ameisensäure werden in einem Becherglas bis zum Kochen erhitzt. In die abgekühlte Mischung lege man kleine Stückchen eine Stunde lang im Dunkeln. (Man vermeide die Berührung der Goldlösung mit Metallinstrumenten.) Dann wird flüchtig in destilliertem Wasser abgewaschen und 24—48 Stunden in einer Mischung von 1 Teil Ameisensäure und 4 Teilen destillierten Wassers am Licht reduziert. Sind die Stückchen dunkelviolett geworden, so entwässert man sie in Alkohol und schließt Zelloidineinbettung an.

Auch die oben beschriebene Methylenblaumethode leistet für diese Zwecke vortreffliche Dienste; Nerven der Zunge, der Konjunktiva, der Kornea, der Wachshaut des Entenschnabels lassen sich so in wunderbarer Klarheit darstellen. Man hat dabei den Vorteil, daß man die Schnitte noch z. B. in Karmalaun, jedoch vorsichtig, nachfärben kann.

Noch empfehlenswerter für Nervenendigungen ist folgende, einfachere Methylenblaufärbung: Lebenswarme, ca. 1 mm dicke Scheiben der Haut, Schleimhaut etc. werden auf dem Objektträger in $^1/_{12}$%iger Methylenblaulösung in physiologischer Kochsalzlösung ca. $1^1/_2$ Stunden gefärbt. Fixation 24 Stunden in 10%iger wässeriger Lösung von Ammoniummolybdat, Auswaschen 2 Stunden in fließendem Wasser, Entwässern innerhalb $1^1/_2$ Stun-

den im öfters gewechselten Alkohol. abs., 2 Stunden Xylol, Paraffin 1 Stunde. Einbetten.

Auch für motorische Nervenendigungen eignet sich die Methylenblaumethode vorzüglich. Man wähle Kaninchen und untersuche vor allem die Augenmuskeln, die langen Halsmuskeln, die Interkostalmuskeln und ganz besonders das Zwerchfell. In letzterem Falle fixiere man nicht in Ammoniummolybdat, sondern 24 Stunden lang in einer konzentrierten, wässerigen Lösung von pikrinsaurem Ammoniak. Einschluß in Glyzerin. Zur Vergoldung eignen sich vor allem das Zwerchfell und die Interkostalmuskeln kleiner Säuger (Maus) und die Muskeln von Schlangen und Eidechsen. Man lege nach der Bremerschen Methode kleine Stückchen, das Zwerchfell der Maus in toto mittels Igelstacheln auf eine dünne Wachsplatte aufgespannt, in eine Mischung von einem Teil Ameisensäure und drei Teilen destilliertem Wasser, bis sie durchsichtig geworden, übertrage sie dann 15—20 Minuten im Dunkeln in 1 %ige wässerige Goldchloridlösung und bringe sie ebenfalls im Dunkeln in die 25 %ige Ameisensäure zurück. Am nächsten Tag ersetzt man letztere durch 50 %ige Ameisensäure und am übernächsten Tag durch eine Mischung von 4 Teilen Glyzerin und einem Teil Ameisensäure. Hier bleiben sie 2—3 Wochen und können dann in Glyzerin eingeschlossen werden.

Untersuchung der Haut.

Für Übersichtsbilder fixiere man die Haut in absolutem Alkohol oder in Zenker. Einbettung in Zelloidin. Will man in Paraffin einbetten, so muß man möglichst kleine Hautstückchen nehmen und deren Verbleiben in absolutem Alkohol auf 12 Stunden, in Chloroform auf 2—3 Stunden beschränken. Dem Hartparaffin setze man etwas Weichparaffin zu. Zur Färbung eignet sich vor allem die van Giesonmethode oder auch Eisenalaun-Hämatoxylin mit Eosinnachfärbung. Für die elastischen Fasern kombiniere man die Weigertsche Färbung mit der van Giesonmethode in der S. 534 besprochenen Weise.

Für Haarlängs- und -querschnitte fixiere man frische Kopfhaut in absolutem Alkohol. Einbettung in Zelloidin. Färbung mit Hämalaun-Eosin oder besser zuerst mit Hämalaun, dann 24 Stunden mit Safranin oder Anilin-Magentarot (siehe S. 526), kurz abspülen in 95 %igem Alkohol und nachfärben 3—5 Minuten in Pikrinsäure-Indigokarminmischung (s. S. 539). Kerne violett, Protoplasma und Arrectores gelb, innere Wurzelscheide tiefrot, Bindegewebe blaugrün.

Zur Untersuchung der Haarentwickelung eignet sich die Kopfhaut vier- bis sechsmonatlicher menschlicher Embryonen.

Schweißdrüsen findet man in der Haut der Vola manus und der Achselhöhle; ein sehr gutes Objekt ist auch die Haut der Katzenpfote. Fixation in Zenker oder Flemming.

Die Blutgefäße der Haut von Hand oder Fuß injiziere man von der A. ulnaris bzw. der A. tibialis posterior aus. Fixation in 10%igem Formalin. Zelloidineinbettung. Man fertige dicke Mikrotomschnitte an.

Übersichtspräparate über die Milchdrüse liefert die in absolutem Alkohol fixierte Brustwarze mit den angrenzenden Drüsenteilen. Einbettung in Zelloidin. Für den feineren Bau der Milchdrüse fixiere man kleine Stückchen der Drüse eines trächtigen oder säugenden Meerschweinchens oder einer Hündin in Flemming. Einbettung in Paraffin. Färbung in Safranin.

Die Elemente von Milch und Kolostrum können ohne weiteres untersucht werden.

Untersuchungsmethoden für das Auge.

Die Anfertigung guter Schnitte durch den ganzen Bulbus ist eine sehr schwierige Sache. Wir empfehlen folgendes Verfahren. Der ganze unverletzte Bulbus — das Aufschneiden ist für Totalpräparate unter allen Umständen zu vermeiden — wird am Sehnerven mit einem Seidenfaden angebunden und in ein entsprechend weites 10—20 cm hohes Glas eingehängt, dessen Boden mit einer 0,5 cm hohen Schicht 2%iger Osmiumsäure bedeckt ist. Das gut verschlossene Glas wird nun 1 cm tief in heißes Wasser gestellt, bis die sich entwickelnden Osmiumdämpfe das Auge völlig geschwärzt haben. Dann hängt man es für 3—4 Wochen in einem großen Glas mit Müllerscher Flüssigkeit auf, wäscht 24 Stunden aus und entwässert sehr vorsichtig, den Alkohol täglich um 5% steigernd. Einbettung in Zelloidin. In der dünnen Zelloidinlösung werden zwei parallele Kappen der Bulbuswand abgetragen, ebenso wird ein kleiner Sektor der Kornea entfernt, damit das Zelloidin in alle Hohlräume eindringe.

Ein negatives Bild der Saftlücken und -kanälchen der Hornhaut erhält man folgendermaßen: Man nehme die Hornhaut eines frischen Ochsenauges, kratze das Epithel weg und lege die Hornhaut in eine 1%ige Höllensteinlösung im Dunkeln für 3—6 Stunden ein. Dann setze man das ganze Stückchen im Wasser dem Sonnenlichte aus. Ist die Reduktion erfolgt, so härte man es im steigenden Alkohol, durchtränke mit Zelloidin und mache daraus Flächenschnitte. Das Kanalsystem erscheint dann weiß auf braunem Grunde. Färbt man solche Schnitte mit Hämatoxylin nach, so treten die Kerne der Hornhautzellen hervor.

Für positive Hornhautbilder empfiehlt sich folgende Vergoldungsmethode von Ranvier: Die Hornhaut eines beliebigen Tieres wird mit dem Rasiermesser abgetrennt und je nach ihrer Dicke für 5—10 Minuten in frisch ausgepreßten und durch Leinwand filtrierten Zitronensaft gebracht, dann kurz in destilliertem Wasser abgespült und für 15—30 Minuten in 1%ige wässerige Goldchloridkaliumlösung dunkel gestellt. Dann wird wieder kurz in Wasser abgewaschen und in 0,5%igem Essigwasser dem

Sonnenlichte ausgesetzt. Ist die Reduktion vollendet und die Hornhaut rotviolett gefärbt, so kann man sie entwässern und in Zelloidin einbetten. Man fertige Quer- und Flachschnitte an.

Für den feineren Bau der Augenhäute zerlege man den frischen Bulbus durch einen Äquatorialschnitt in eine vordere und hintere Hälfte. Fixation in Flemming, Zenker oder Carnoy. Einbettung nach Entfernung der Linse in Zelloidin. Färbung beliebig.

Für die Untersuchung der Retina im Flächenpräparat eignet sich vor allem die Methylenblaufärbung, und zwar in folgender Weise: der N. opticus wird mitsamt seiner Papille durch einen durch sämtliche Augenhäute gehenden Schnitt mit einer krummen Schere vom Bulbus getrennt. Durch Schütteln in physiologischer Kochsalzlösung löst sich dann die Netzhaut leicht ab. Man bringe sie auf eine große Glasplatte, präpariere den anhängenden Glaskörper möglichst vollkommen ab und tropfe eine dünne Methylenblaulösung auf (1 ccm einer 1%igen wässerigen Lösung auf 15—20 ccm physiologischer Kochsalzlösung). Das Präparat wird mit einer Glasschale bedeckt und ab und zu mit schwacher Vergrößerung durchmustert. Nach 15—20 Minuten beginnt gewöhnlich die Färbung von Zellen und Fasern. Ist der Höhepunkt erreicht, so wird in konzentrierter wässeriger Lösung von Ammoniumpikrat fixiert und nach 12 Stunden in Glyzerin eingeschlossen.

Für Schnittpräparate der Retina eignen sich: die Chromsilbermethode von Golgi (S. 544) und besser noch die Versilberungsmethoden von Ramón y Cajal (S. 535) und Bielschowsky (S. 540).

Linsenfasern lassen sich leicht durch Mazerieren der Linse in Drittelalkohol binnen 2—3 Tagen isolieren. Man schneide die äquatorialen Partien ab und färbe in Hämalaun. Für Durchschnitte fixiere man die Linse in Zenker und bette in Zelloidin ein.

Die Nerven der Hornhaut erhält man gleichzeitig mit den Hornhautkörperchen nach der oben angegebenen Gold-Zitronensaftmethode oder nach Injektion von Methylenblau von der Aorta aus (siehe S. 544).

Augenlider fixiere man in Zenker, bette sie in Zelloidin oder Paraffin ein und färbe die Schnitte nach van Gieson.

Untersuchung des Gehörorgans.

Die Untersuchung des Gehörorgans bildet eines der schwierigsten Kapitel der Mikrotechnik, wir können sie daher hier nur ganz flüchtig streifen. Für Schnecke und Cortisches Organ wähle man am besten neugeborene Meerschweinchen oder 3—6 Wochen alte Kaninchen. Man löse das Felsenbein aus dem Schädel, öffne mit dem Messer die Bulla ossea und lege das Präparat in Flemming für 8—14 Tage. Wird die Flüssigkeit während dieser Zeit einmal gewechselt, so braucht das Präparat besonderer Entkalkung nicht unterzogen zu werden. Einbettung am besten in Zelloidin, doch ergibt auch Paraffineinbettung bei vorsichtiger Handhabung gute

Resultate. Wichtig ist gute Orientierung. Man schneide parallel zur Schneckenachse; am schönsten fallen die durch sie geführten Schnitte aus. Färbung mit Safranin oder Eisenalaun-Hämatoxylin.

Äußerer Gehörgang und Tube werden in Zenker fixiert. Einbettung in Paraffin. Färbung nach van Gieson.

Untersuchungsmethoden für die Nase.

Zur Fixation der Nasenschleimhaut eignet sich vor allem Flemming und Zenker. Isolation der Zellen in 0,1%iger Osmiumsäure oder Drittelalkohol. Das Riechepithel erkennt man an seiner gelben Farbe. Man kann die ganze obere Muschel in toto fixieren und später entkalken. Von spezifischen Methoden empfiehlt sich die vitale Methylenblaufärbung und die Versilberung nach Bielschowsky (S. 540).

Untersuchung der Geschmacksorgane.

Am besten eignet sich die Papilla foliata des Kaninchens. Man schneide sie mit der darunter liegenden Muskulatur heraus und fixiere in Flemming oder man fixiere die Zunge in toto in Zenker und schneide die Papille erst im 95%igen Alkohol heraus. Einbettung in Paraffin. Färbung der Schnitte nach van Gieson und vor allem mit Eisenalaun-Hämatoxylin.

Die Nerven der Geschmacksknospen lassen sich in ganz vorzüglicher Weise durch die vitale Methylenblaumethode (S. 544) darstellen. Nachfärbung der Paraffinschnitte mit Karmalaun. Auch die Chromsilbermethode von Golgi (S. 544) ergibt manchmal recht gute Resultate.

Autoren-Register.

N.

O.

P.

Q.

R.

Sach-Register.

B.

C.

D.

E.

H.

I. J.

K.

L.

M.

N.

U.

V.

W.

X.

Z.

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

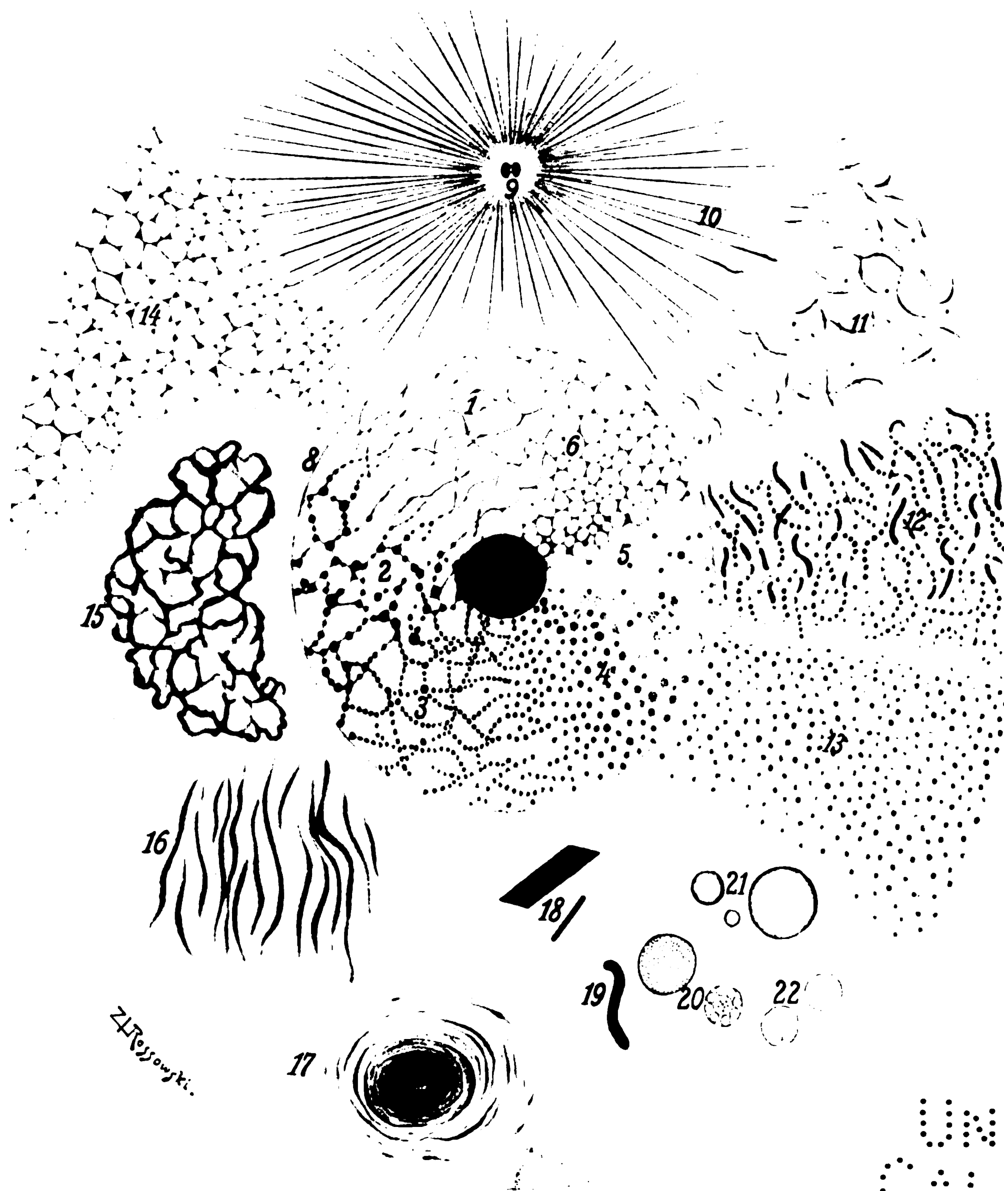


Fig. 2. Schema der Zelle.

Die einzelnen Segmente der Figur veranschaulichen die verschiedenen Theorien über den Bau des Protoplasma und des Kernes und illustrieren gleichzeitig den Polymorphismus beider. Dargestellt sind sowohl die verschiedenen Bestandteile der Zelle als auch die protoplasmatischen Differenzierungsprodukte und die deutoplasmatischen Einschlüsse.

1.—8. **Kern.** 1. Faseriger Bau. 2. Netzstruktur. 3, 4. Körniger Bau. 5, 6. Alveolärer Bau des Kernes. 7. Kernkörperchen. 8. Kernmembran. 9. Zentralkörperchen (Diplosom) verbunden durch Zentrodesmose. 10. Archoplasmastrahlen. 11. Mitom. 12. u. 13. Mitochondrien (Altmannsche Granula). 14. Der wabige Bau des Protoplasmas. 15. Der innere Golgische Netzapparat. 16. Basalfilamente. 17. Nebenkern. 18.—22. Deutoplasmatische Einschlüsse. 18. Kristalloide. 19. Lipoide. 20. Dotterkügelchen 21. Fettkügelchen. 22. Sekrettröpfchen.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.



Fig. 16.



Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.





Fig. 20.



Fig. 11—20. Der innere Golgische Netzapparat in verschiedenen Zellarten.

Fig. 11. Nervenzelle eines neugeborenen Hundes.
Fig. 12. Nervenzelle aus dem Ganglion spinale des Kaninchens.
Fig. 13. Darmepithel vom Triton. b = Becherzelle, l = Leukozyt.
Fig. 14. Spermatozyt vom Triton.
Fig. 15. Pankreaszelle vom Triton. n = Nebenkern.
Fig. 16. Epithelzelle aus einem quer durchschnittenen Kapillargefäß eines Tritons.
Fig. 17. Bindegewebszellen vom Triton.
Fig. 18. Knorpelzellen vom reifen Fetus der Maus.
Fig. 19. Leukozyten aus dem Blut des Tritons.
Fig. 20. Drei glatte Muskelzellen aus dem Darm des Tritons.

Alle Präparate gefärbt nach der Golgi-Kopschschen Methode. Alle Zellen gezeichnet bei einer ca. 600maligen Vergrößerung — mit Ausnahme der Fig. 13, die bei ca. 470maliger Vergrößerung gezeichnet wurde.

(Alle Figuren nach Präparaten von Dr. Weigl.)

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

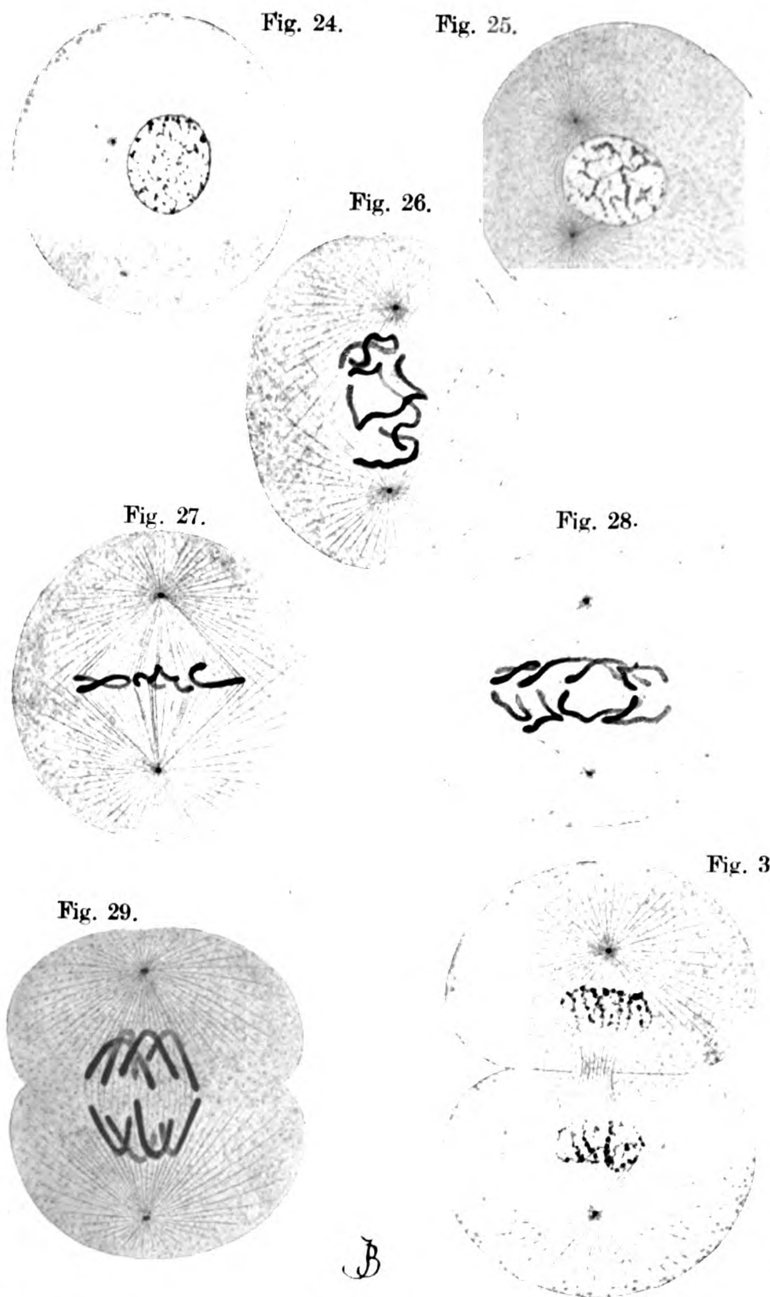
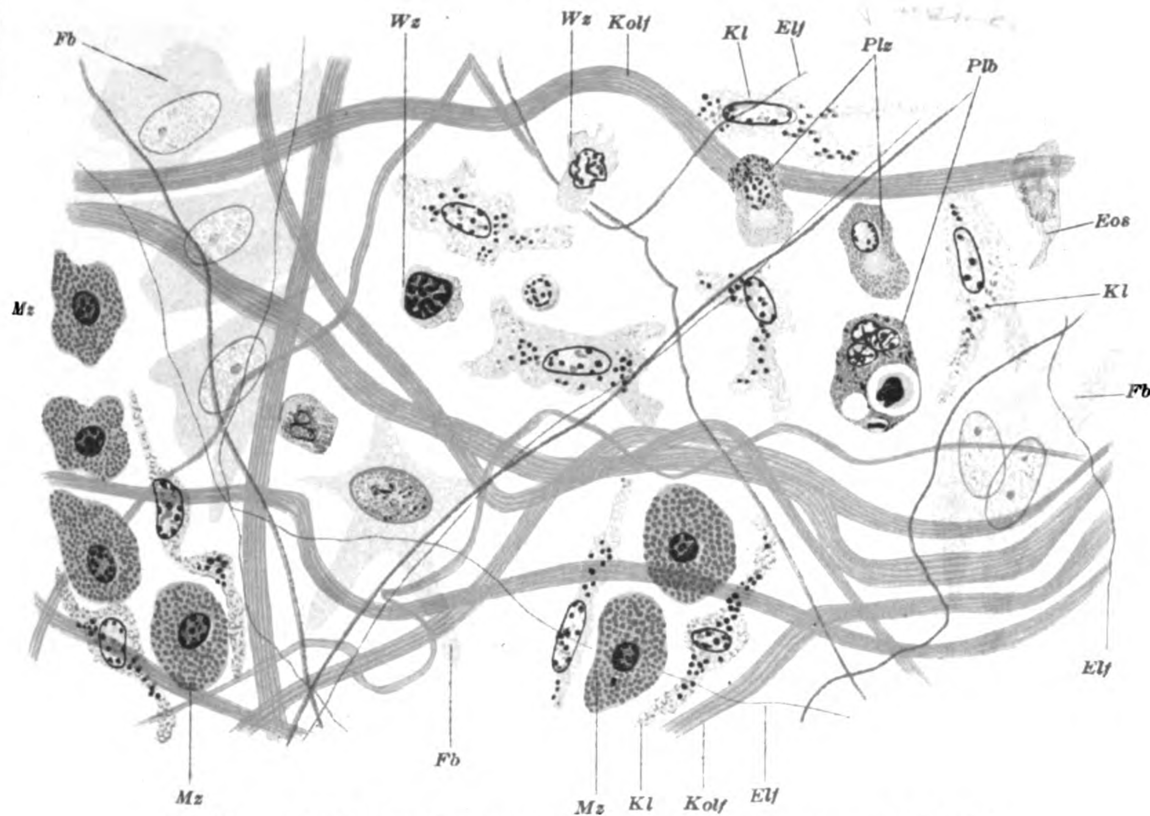


Fig. 24—30. Halbschematische Darstellung des Zell- und Kernteilungsprozesses bei Ascaris megalocephala. Nach v. Kostanecki.

Fig. 24. Ruhende Zelle. Fig. 25. Das Zentrosom hat sich geteilt. Fig. 26. Prophase — die Zentrosomen lagern sich an den Polen, die Strahlung sehr stark entwickelt — das Chromatin des Kerns zerfiel in vier Chromosomen. Fig. 27. Muttersternstadium. — Chromosomen im Äquator gelagert. Fig. 28. Metaphase. — Die längs gespaltenen Chromosomenschleifen entfernen sich gegen die Pole zu. Fig. 29. Anaphase. — Der Zelleib beginnt sich zu teilen. Fig. 30. Die Teilung des Zelleibes beinahe abgeschlossen. Die Zentralspindel liefert den späteren Zwischenkörper. Die Kerne gehen in das Stadium der Knäuel über.

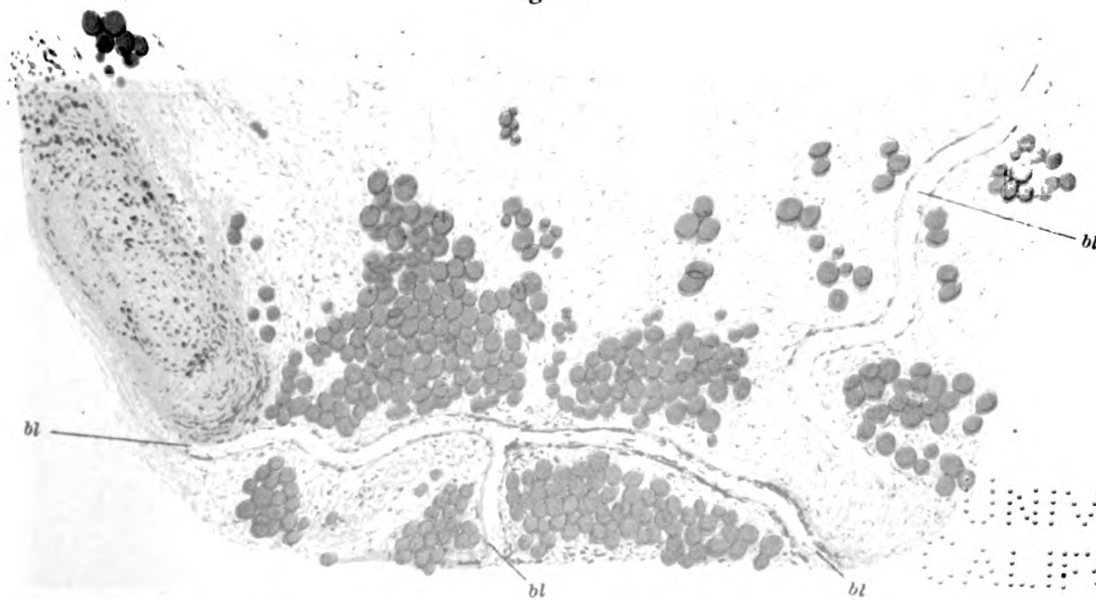
Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 50.



Die Zellformen des lockeren Bindegewebes (nach Maximow). Färbung mit Methylenblau. (Erklärung im Text.) Ca. 1000 mal vergrößert.

Fig. 51.



Fettgewebe aus dem Mesenterium des Kaninchens. Färbung mit Hämalaun und Sudan III. Das Fett ist rot gefärbt, *bl* Blutgefäße. Ca. 50 mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

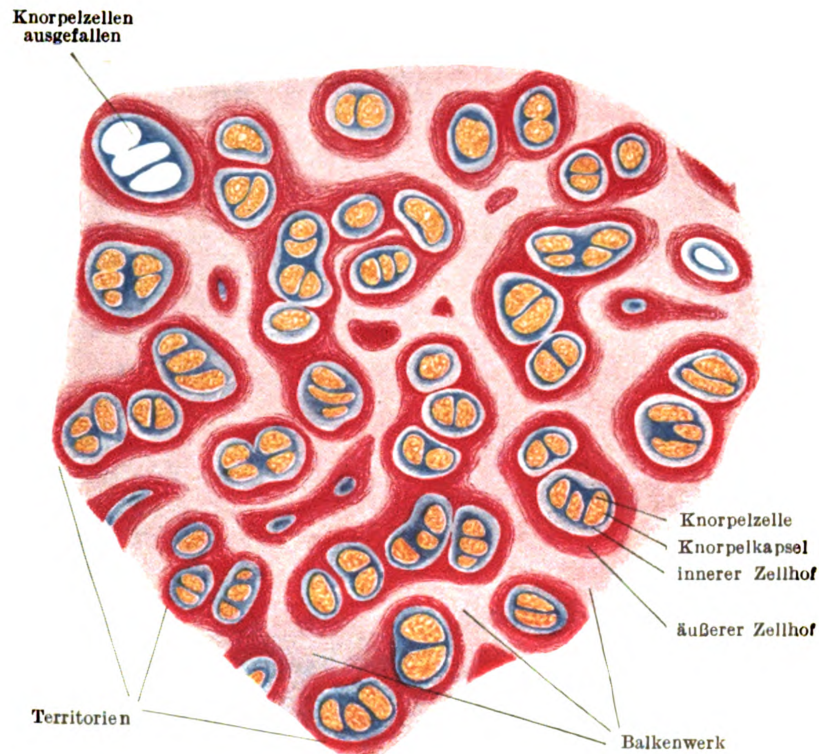


Fig. 56. Aus dem Hyalinknorpel des Kalbes. Gefrierschnitt gefärbt mit Pikrofuchsin und Methylenblau. Knorpelzellen gelb, Knorpelkapseln tiefblau, innere Zellhöfe lichtblau, äußere Zellhöfe tiefrot, Balkenwerk hellblaurot.

Ca. 250 mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

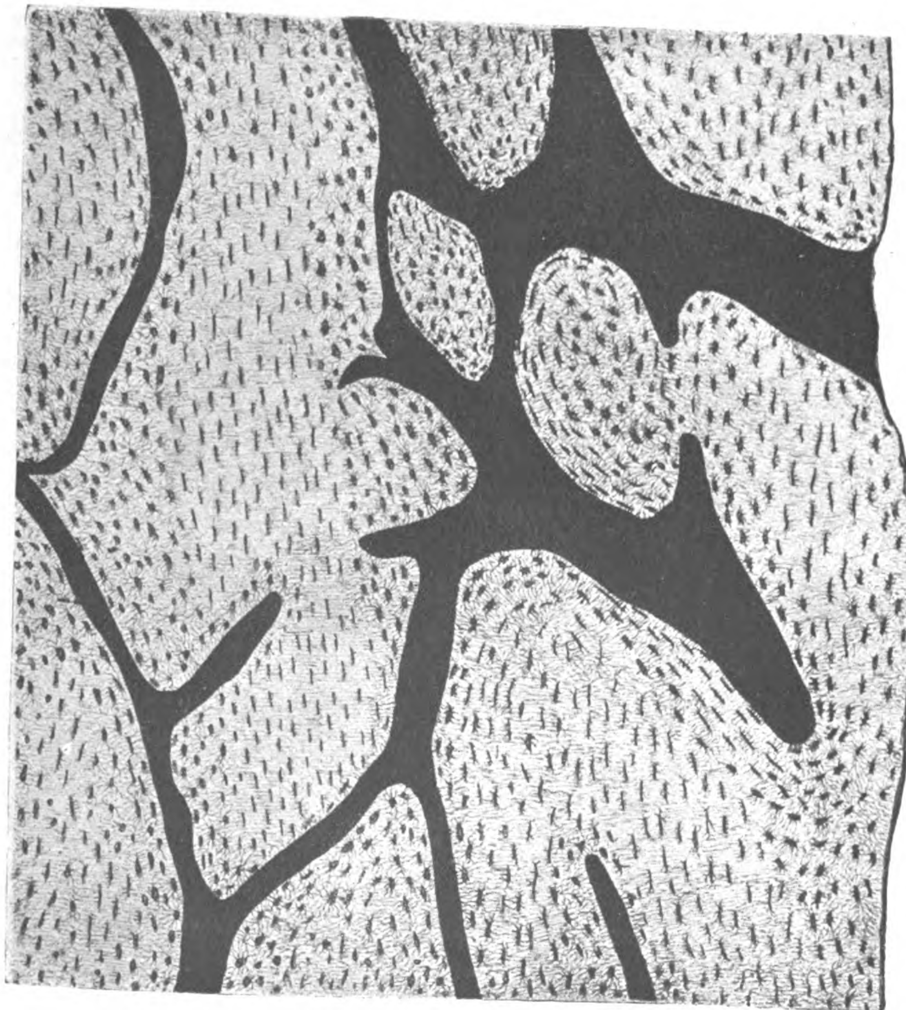


Fig. 59. Aus einem Längsschliffe durch die Diaphyse eines Röhrenknochens (Ulna des Menschen).

Ca. 90mal vergrößert. Alle Kanäle und Knochenhöhlen sind mit Farbstoff ausgefüllt. Die Haversschen Kanäle sind längs durchschnitten.

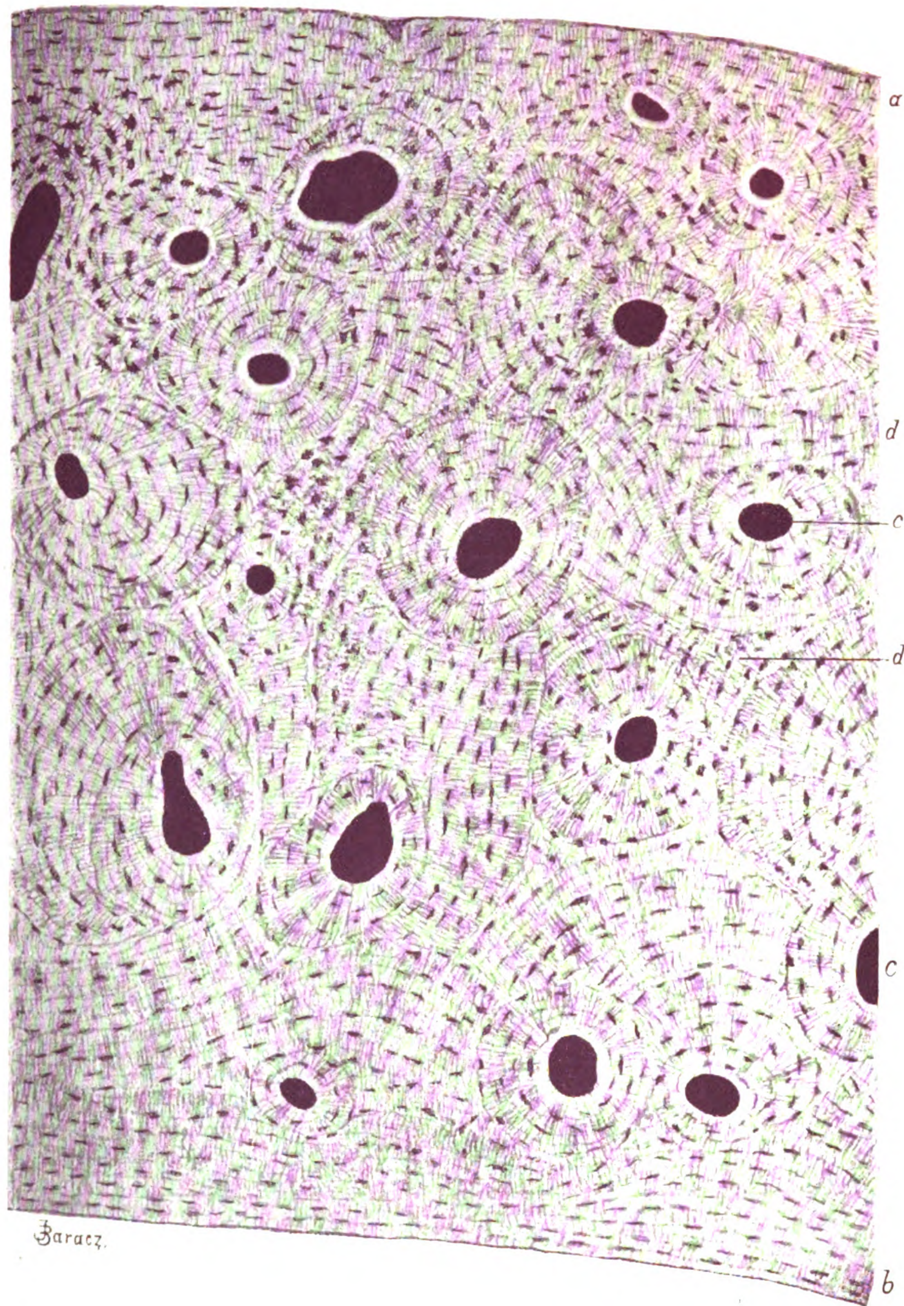


Fig. 60. Aus einem Querschliffe durch die Diaphyse eines Röhrenknochens (Metatarsus) des Menschen.

Ca. 90mal vergrößert. a) Äußere Grundlamellen; b) innere Grundlamellen; c) quergeschnittene Haverssche Kanäle von den Haversschen Lamellen konzentrisch umgeben; d) interstitielle Lamellen. Alle Kanäle und Knochenhöhlen sind mit Farbstoff ausgefüllt.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

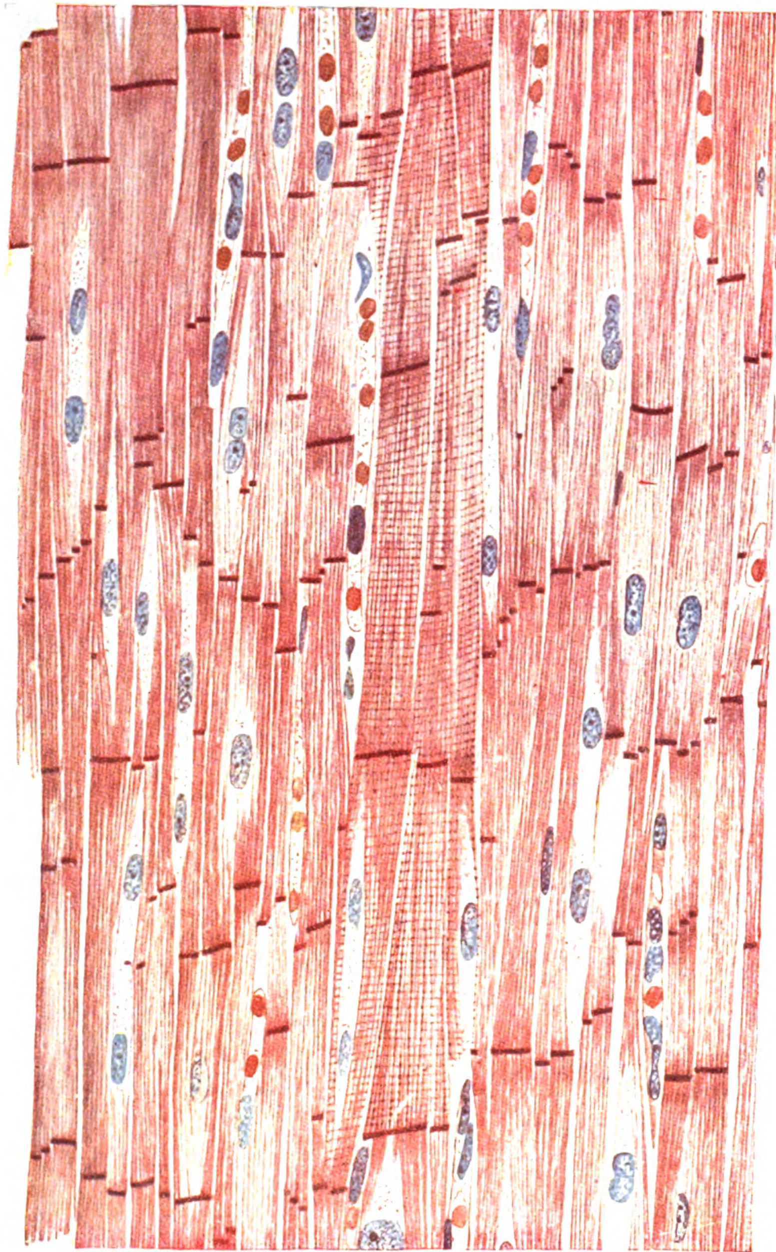


Fig. 75. Übersichtsbild über die menschliche Herzmuskulatur.

540mal vergrößert. Die Kerne sind blau, die Schaltstücke dunkelrot und die roten Blutkörperchen ziegelrot gefärbt.
Aus M. Heidenhain.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 88.

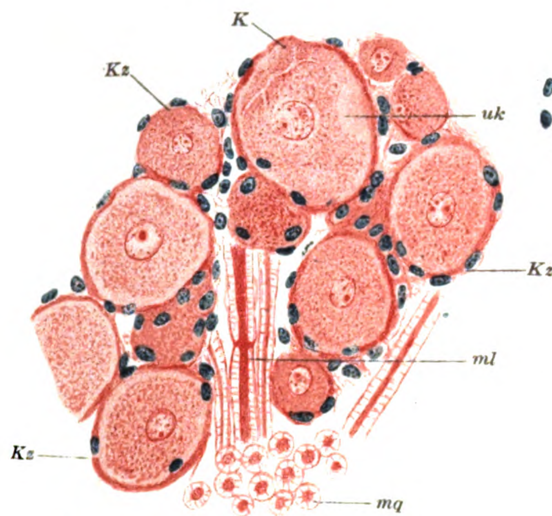


Fig. 89.

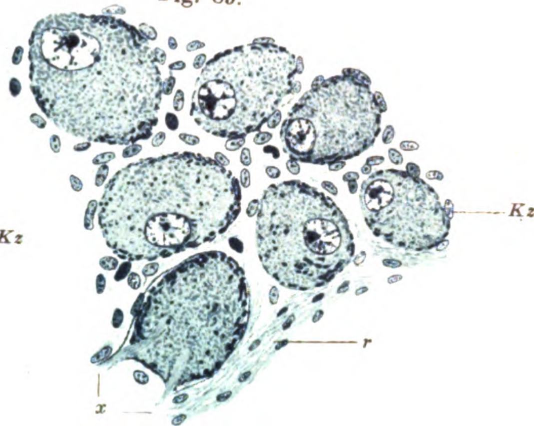


Fig. 90

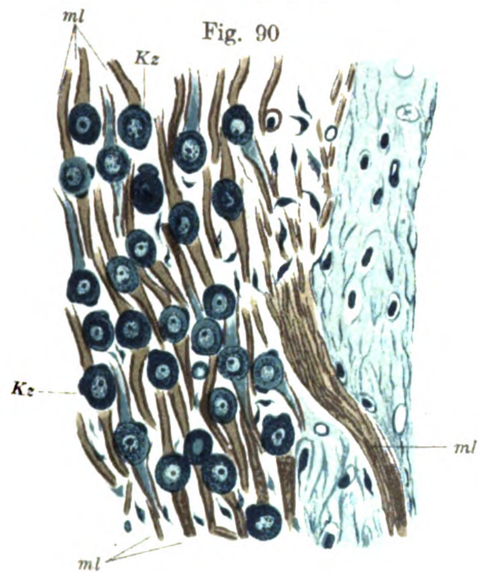


Fig. 91.

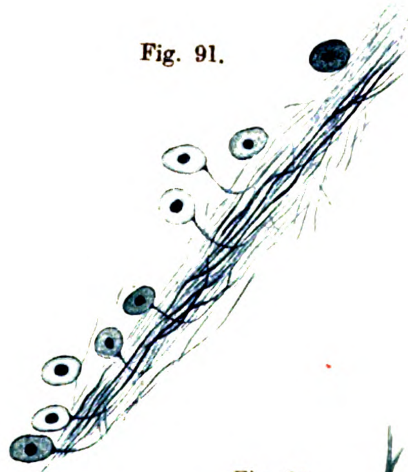
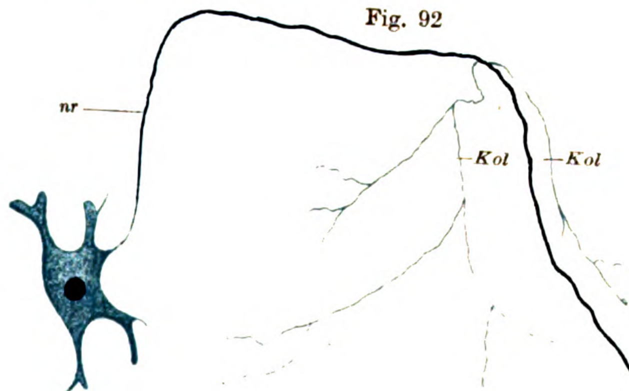


Fig. 93.



Fig. 92



Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Wür

Fig. 122.

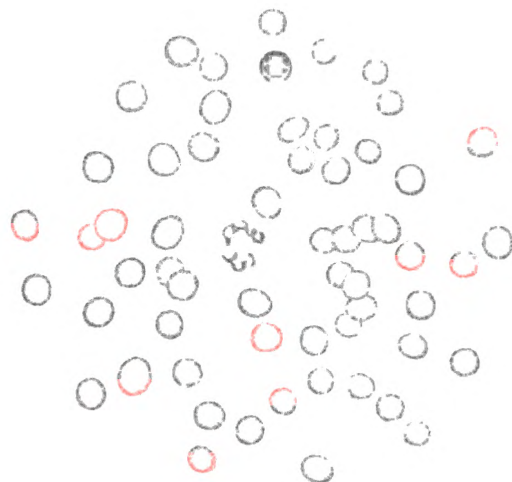


Fig. 123.

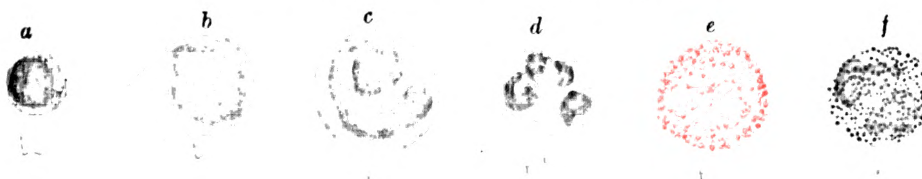
Hämatoxylin-Eosinfärbung.



Triazidfärbung.



Färbung nach May-Grünwald-Giemsa.



L. Csala del.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

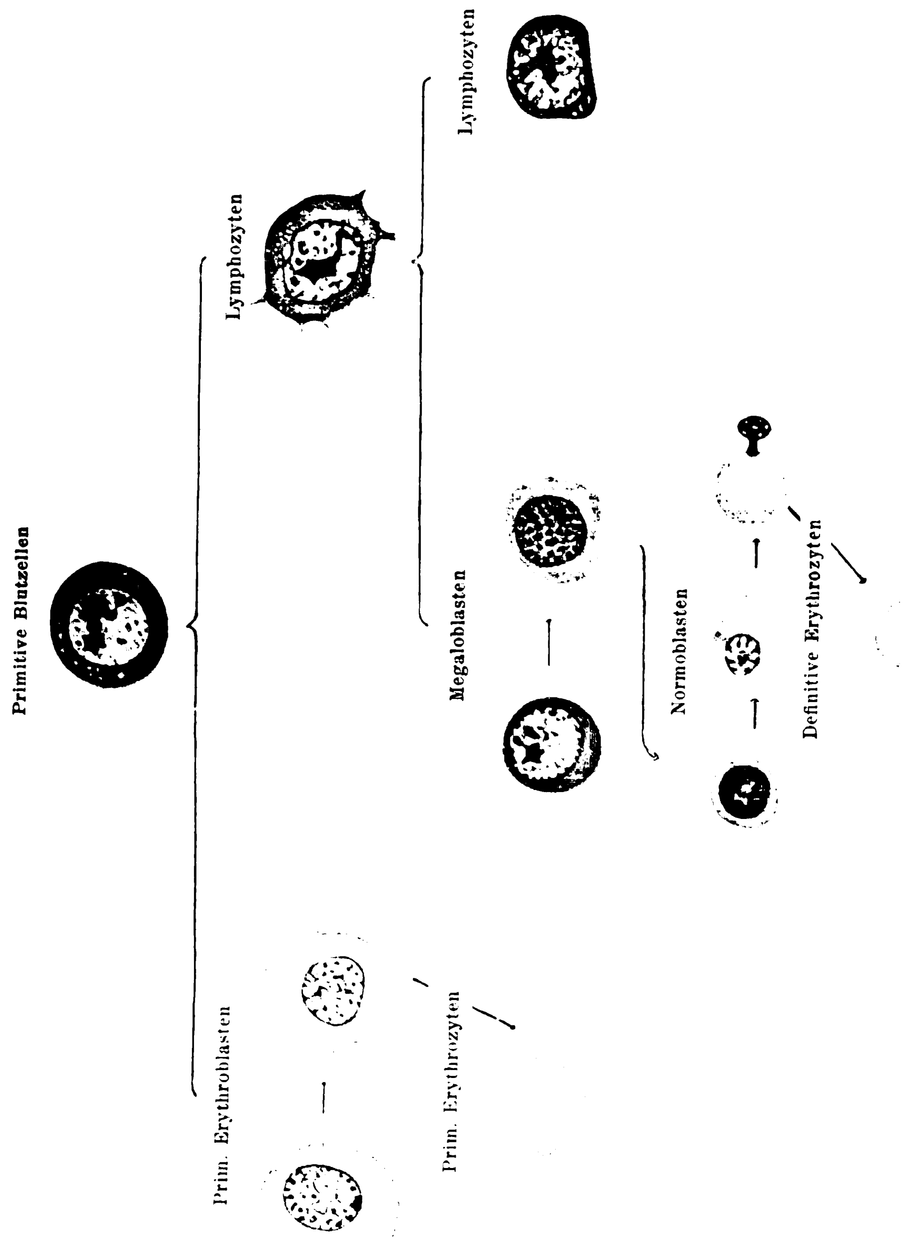


Fig. 126. Schematische Darstellung der Entwicklung der Blutkörperchen. (Nach Maximow).

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

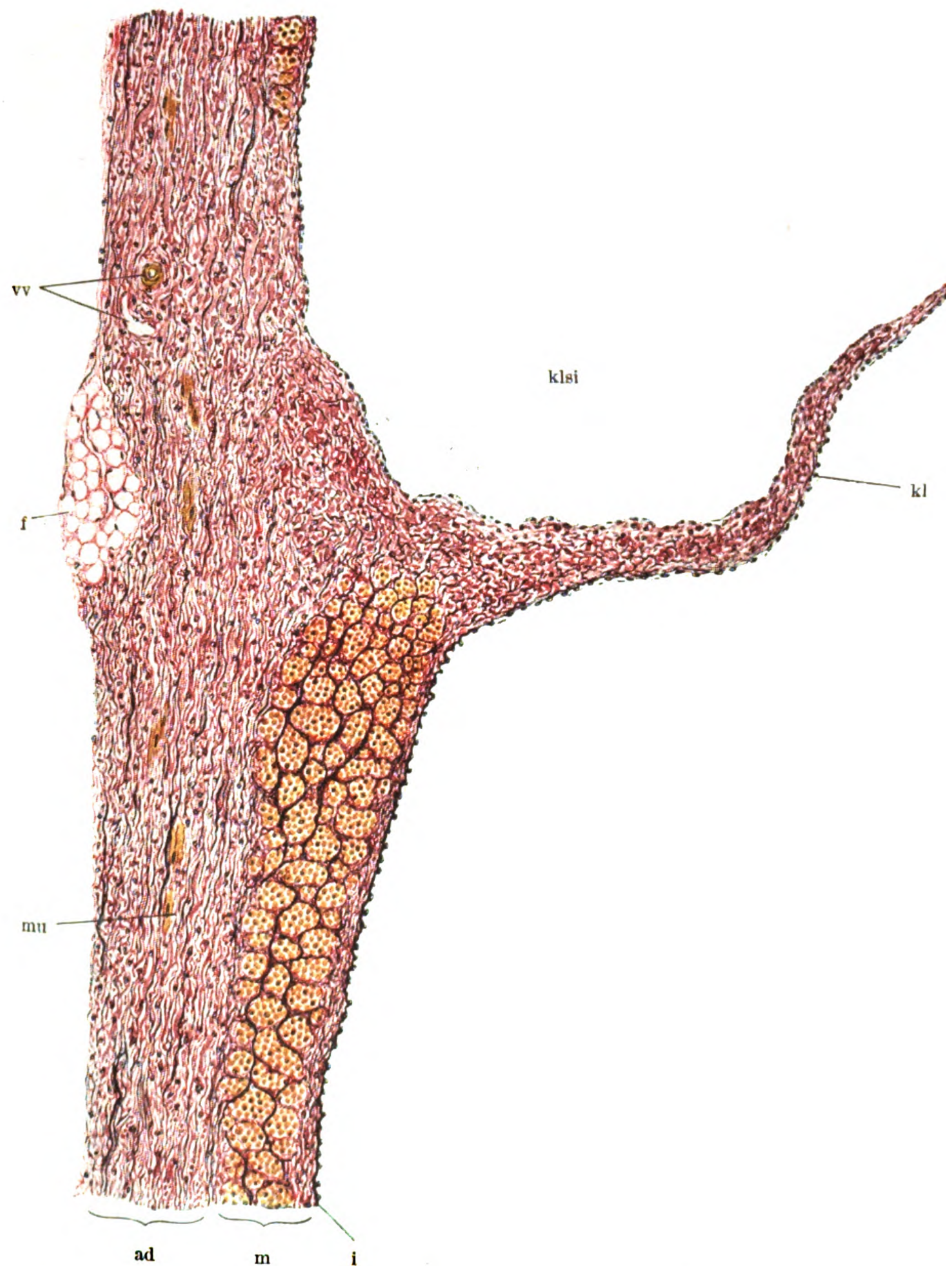


Fig. 137. Vena brachialis des Menschen. Längsschnitt gefärbt mit Eisenhämatoxylin, Resorzin-Fuchsin und Pikrofuchsin.

i = Intima, m = Media, ad = Adventitia, mu = Muskelbündel der Adventitia, kl = Klappe, klsi = Klappensinus, f = Fett, vv = Vasa vasorum. Ca. 100 mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

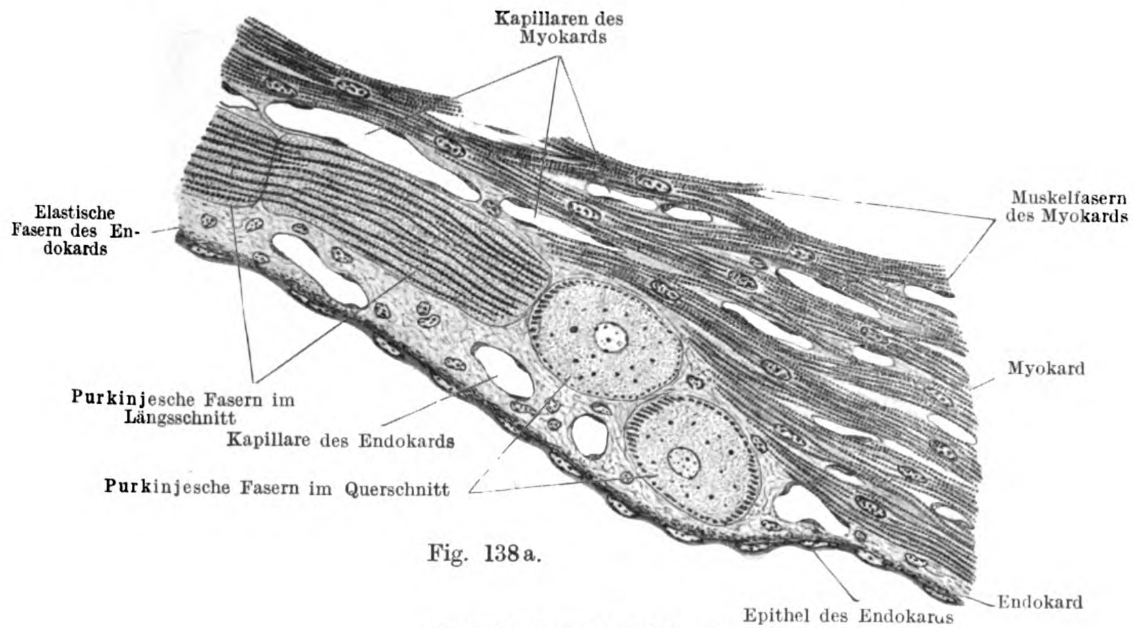


Fig. 138 a.

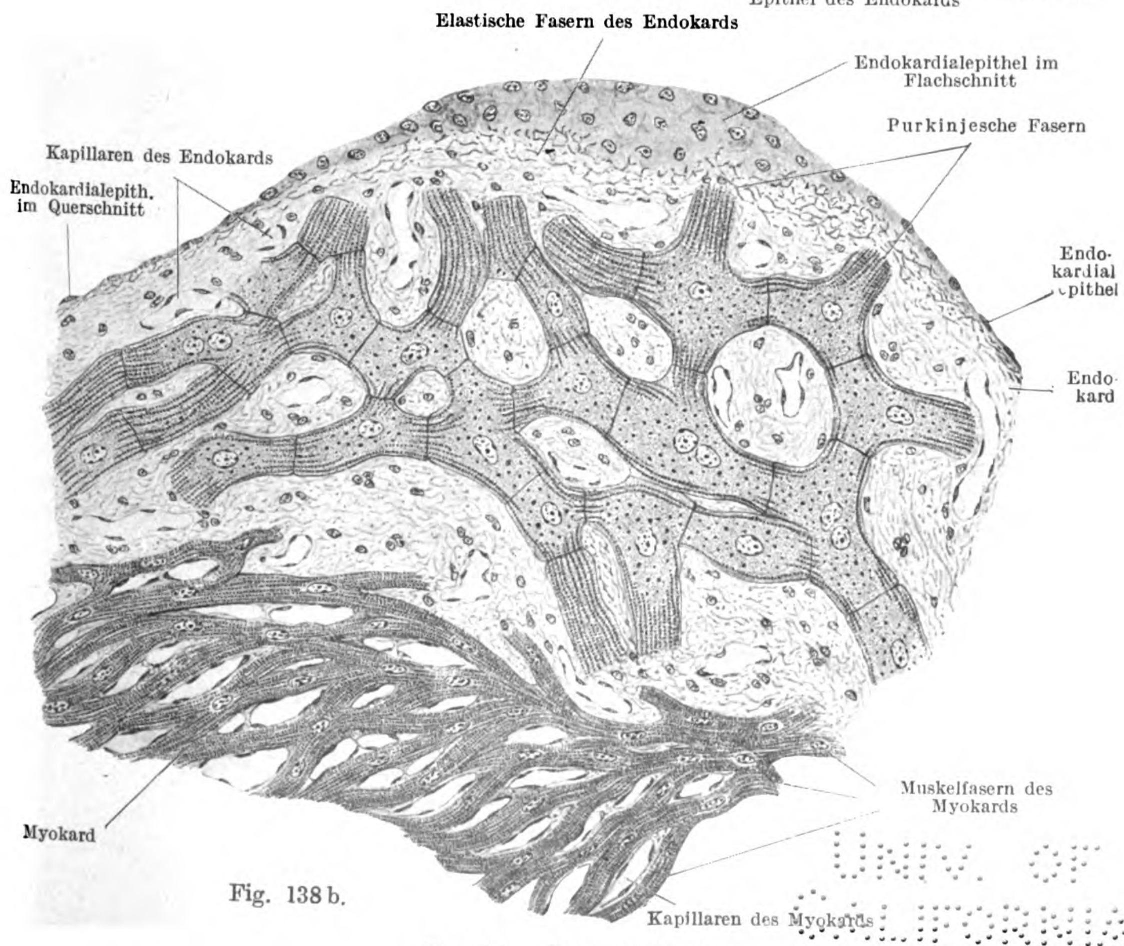


Fig. 138 b.

Fig. 138. Herz der Taube.

a = Sagittaler Längsschnitt durch die Wand des rechten Ventrikels. 600mal vergrößert. b = Flachschnitt durch die Kammerscheidewand. 400mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch Leipzig.

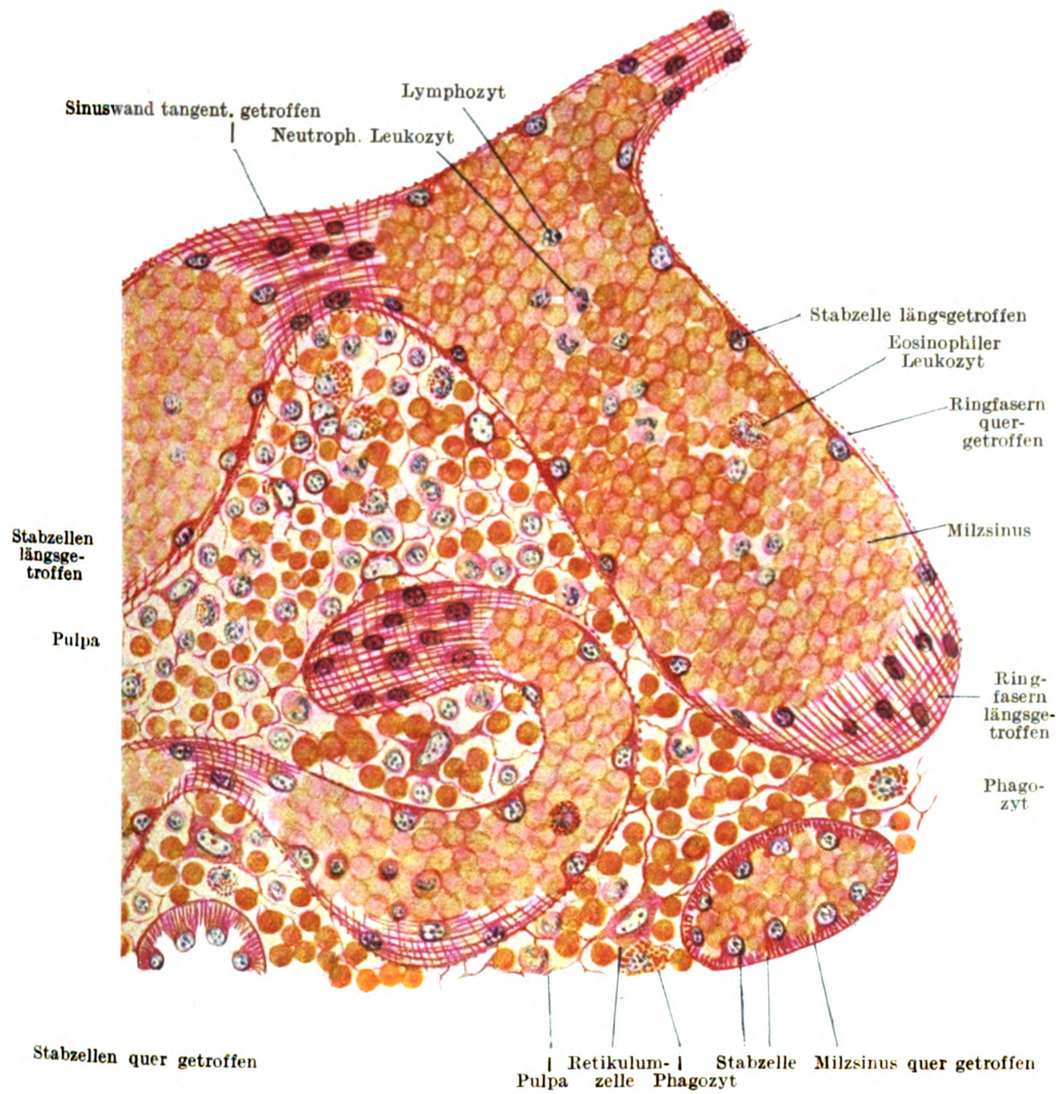


Fig. 140. Aus einem Schnitt durch die Milz des erwachsenen Menschen. Färbung nach Biondi.

Ca. 600mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

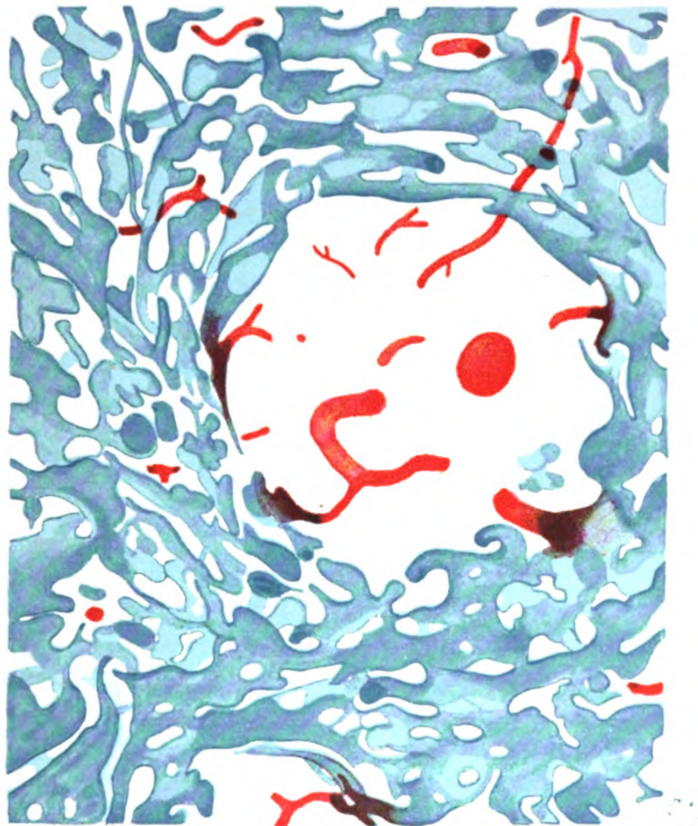


Fig. 142. Aus der Milz des Kaninchens.

Die Blutgefäße sind doppelt injiziert: die Venen blau, die Arterien rot. In der Mitte ist ein Malpighisches Körperchen getroffen. Ca. 100mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

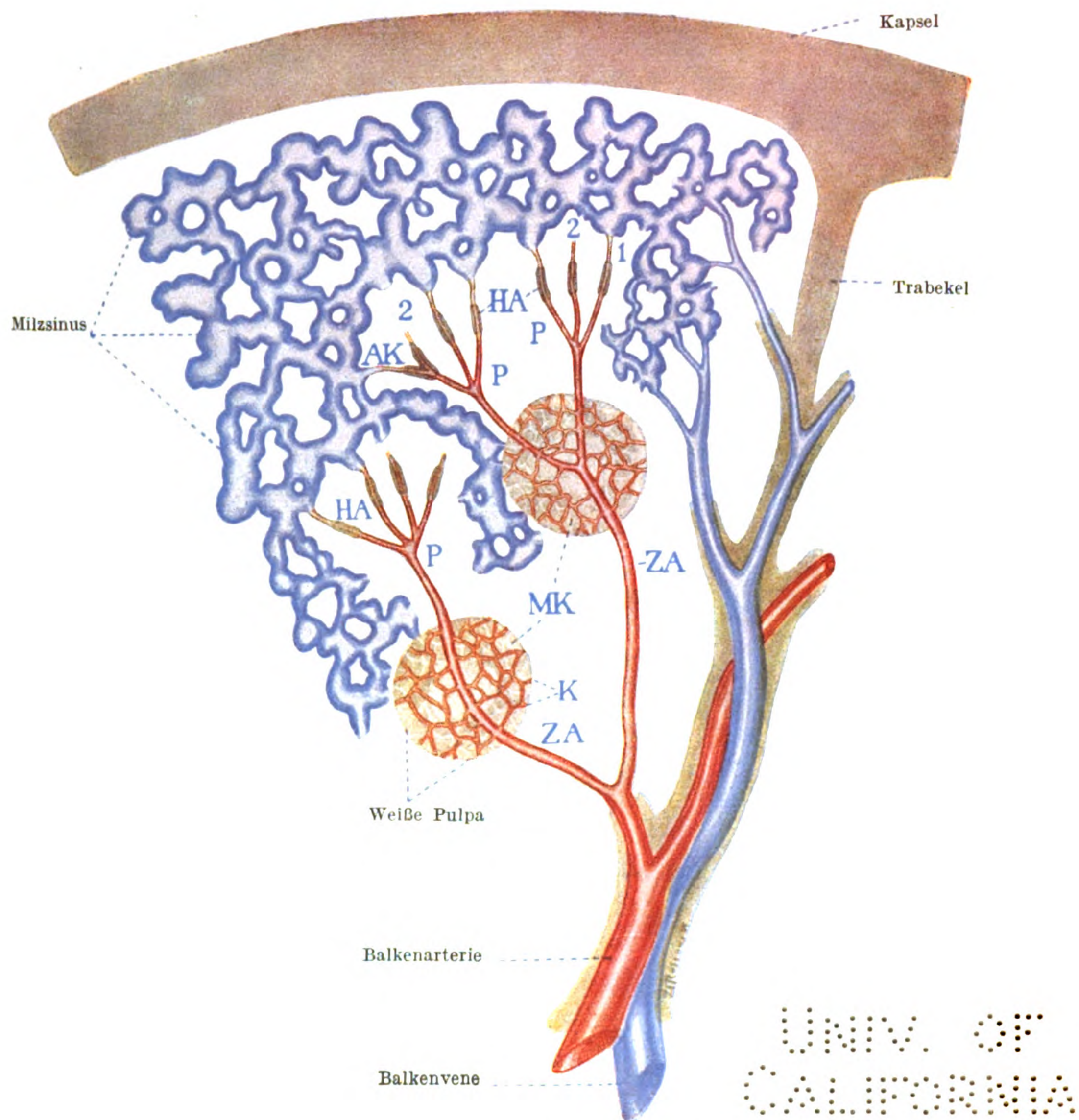


Fig. 143. Schema der menschlichen Milz. Die rote Pulpa ist weiß.

ZA = Zentralarterie. MK = Malpighisches Körperchen. K = Kapillaren der Malpighischen Körperchen. P = Penicilli. HA = Hülsenarterien. AK = Arterielle Kapillaren, welche 1 in die Milzsinus münden oder 2 sich frei in die Maschenräume des Retikulums der Milzpulpa öffnen.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

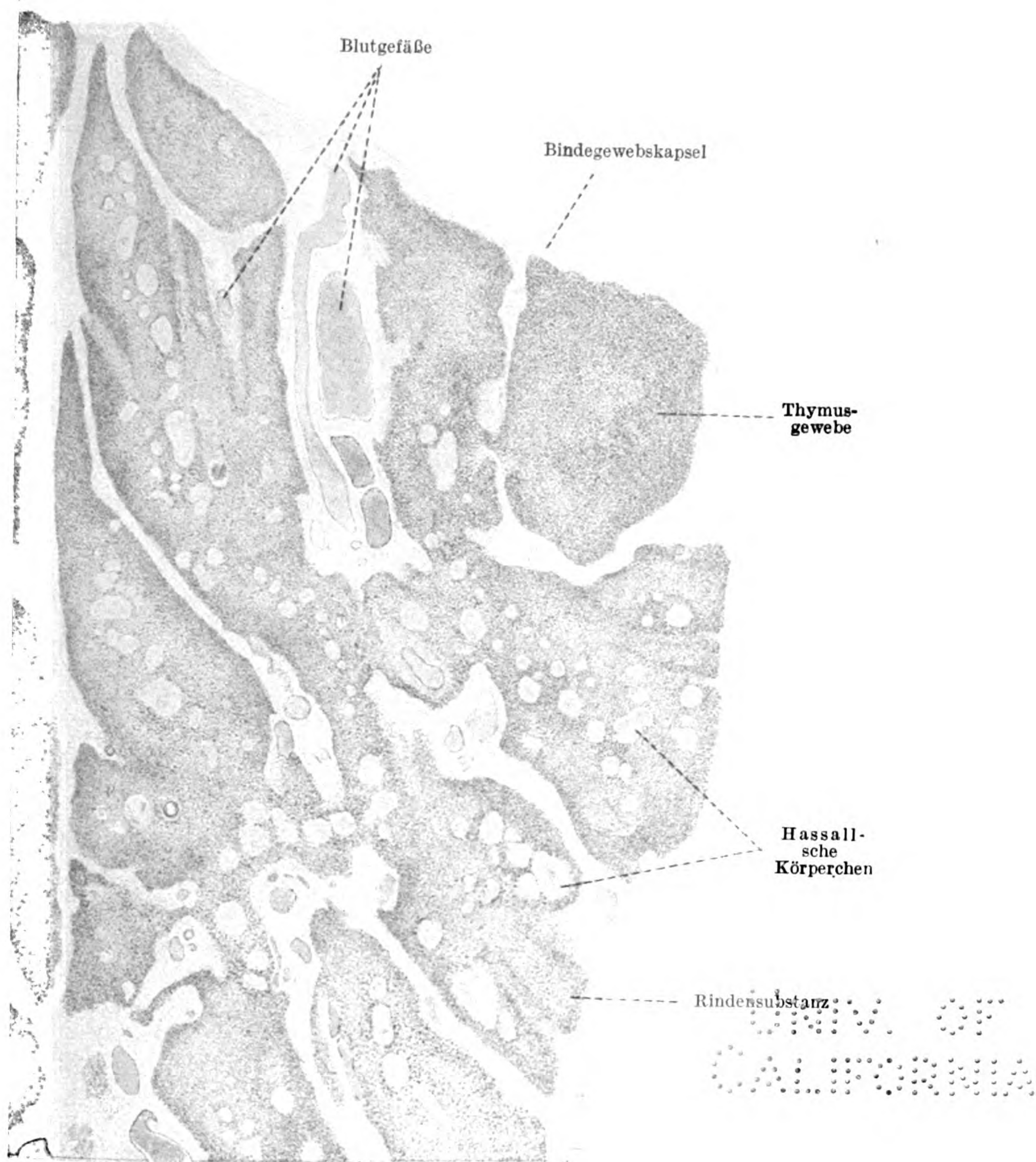


Fig. 150. Teil eines Schnittes durch die Thymus eines vier Monate alten Kindes.

Ca. 34mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

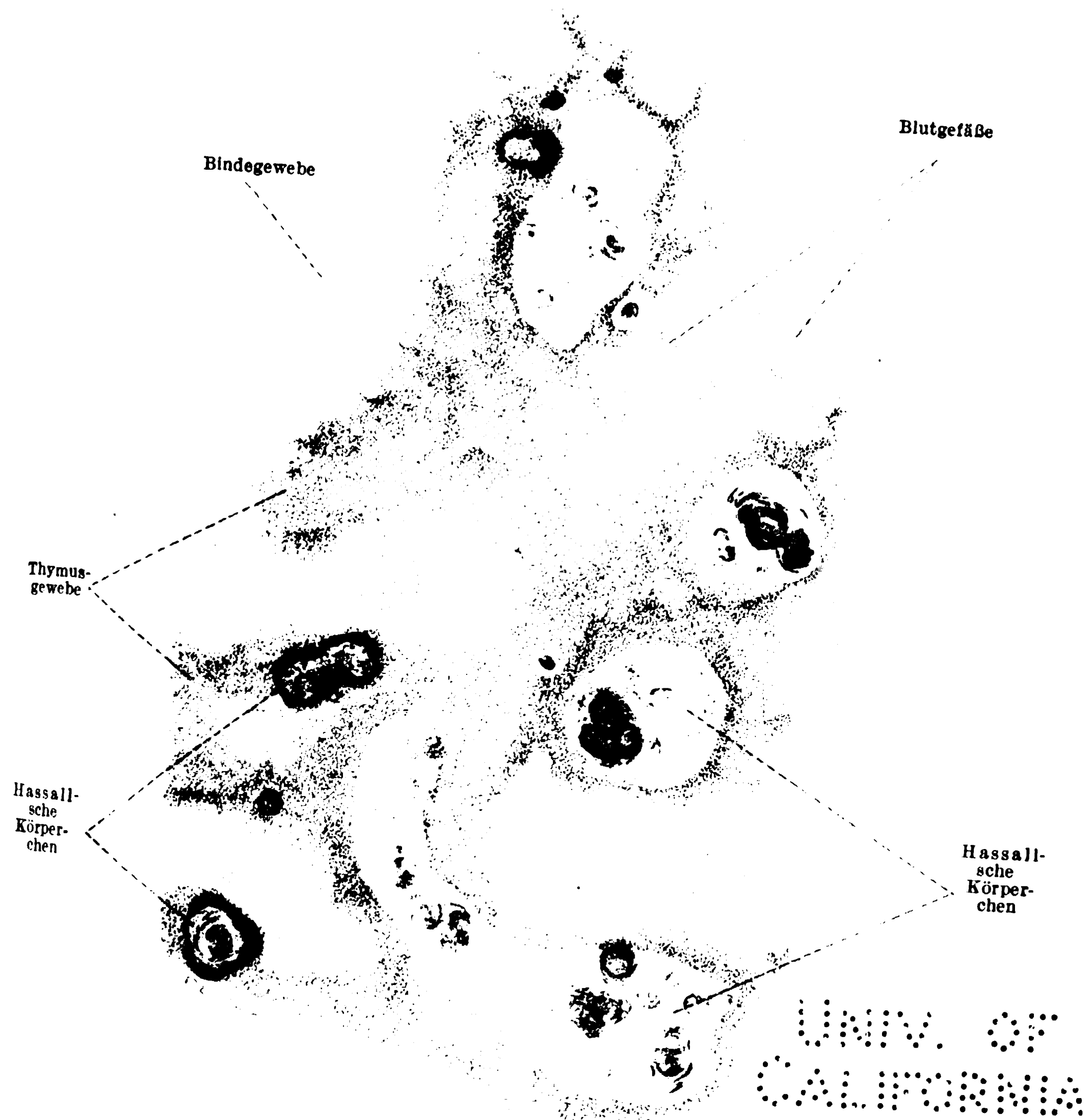


Fig. 151. Teil eines Schnittes durch die Thymus eines 10 Jahre alten Kindes.
Ca. 60mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.



Fig. 156. Teil eines Schnittes durch die menschliche Nebenniere.

K. = Bindegewebskapsel, Z.gl. = Zona glomerulosa, Z.fasc. = Zona fasciculata, Z.ret. = Zona reticularis. Ca, 30mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

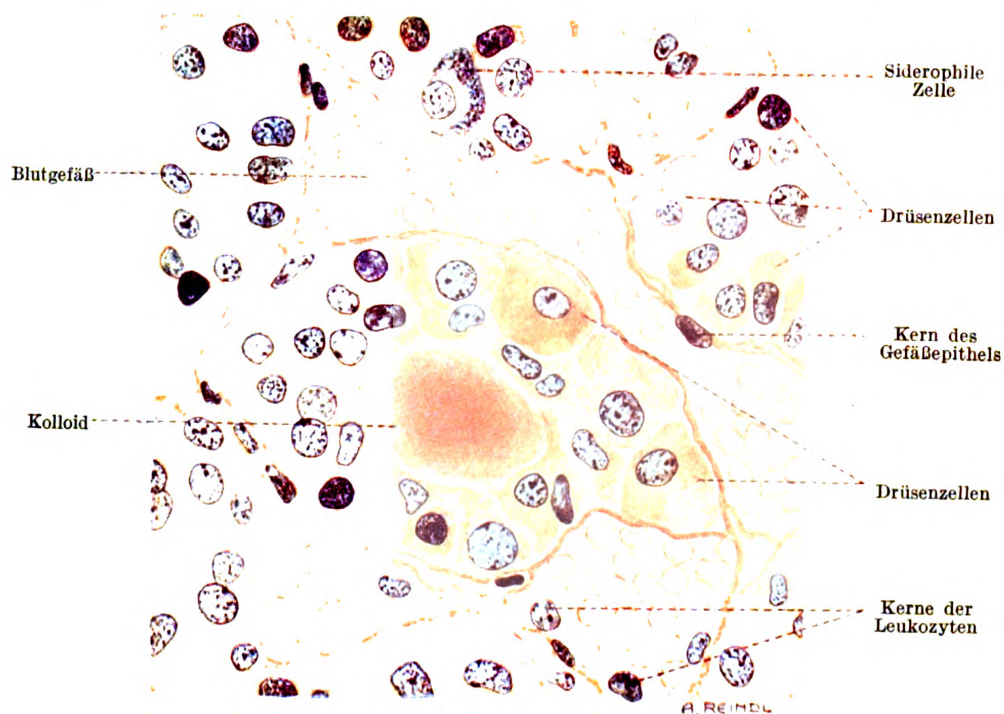


Fig. 159.

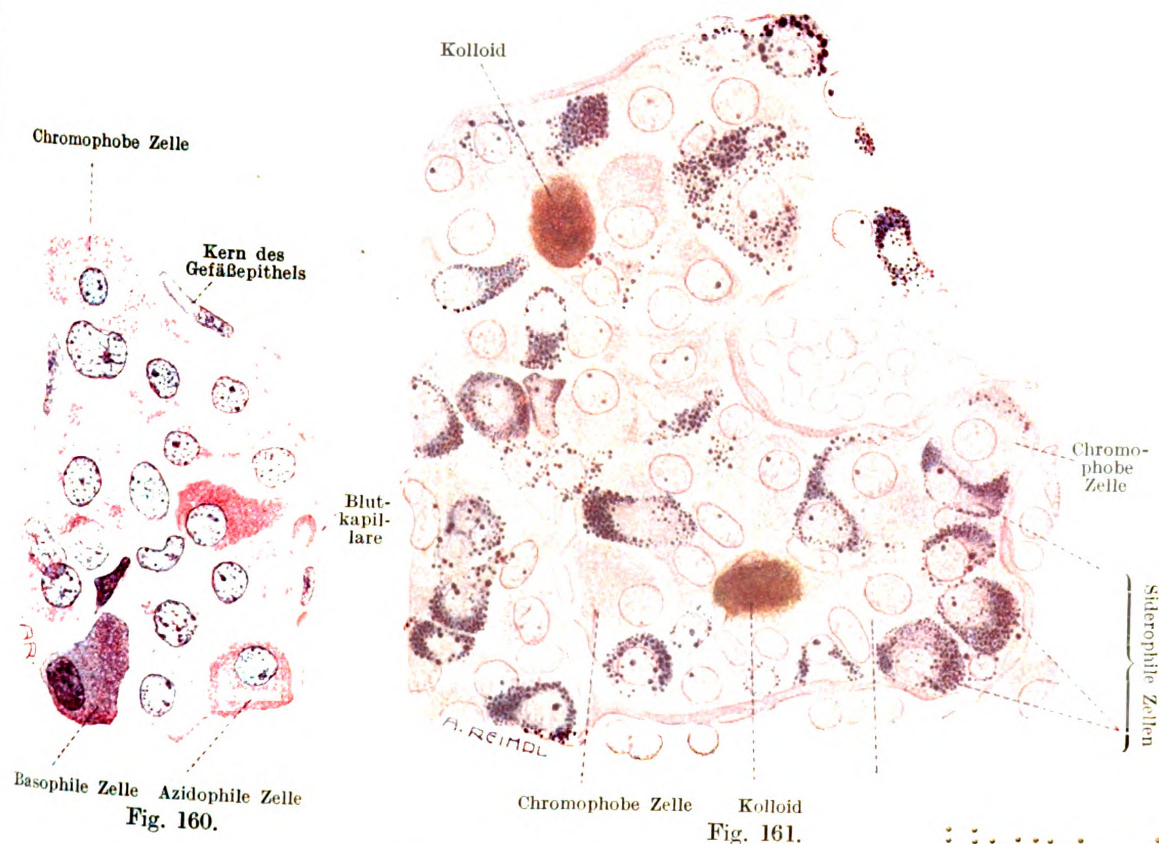


Fig. 160.

Fig. 161.

Fig. 159—161. Teil eines Schnittes durch die menschliche Hypophyse.
Fig. 159. Gefärbt mit Eisenhämatoxylin, nachgefärbt nach van Giesen.
Fig. 160. Gefärbt mit Hämatoxylin-Eosin.
Fig. 161. Gefärbt mit Eisenhämatoxylin-Eosin.
Ca. 700mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

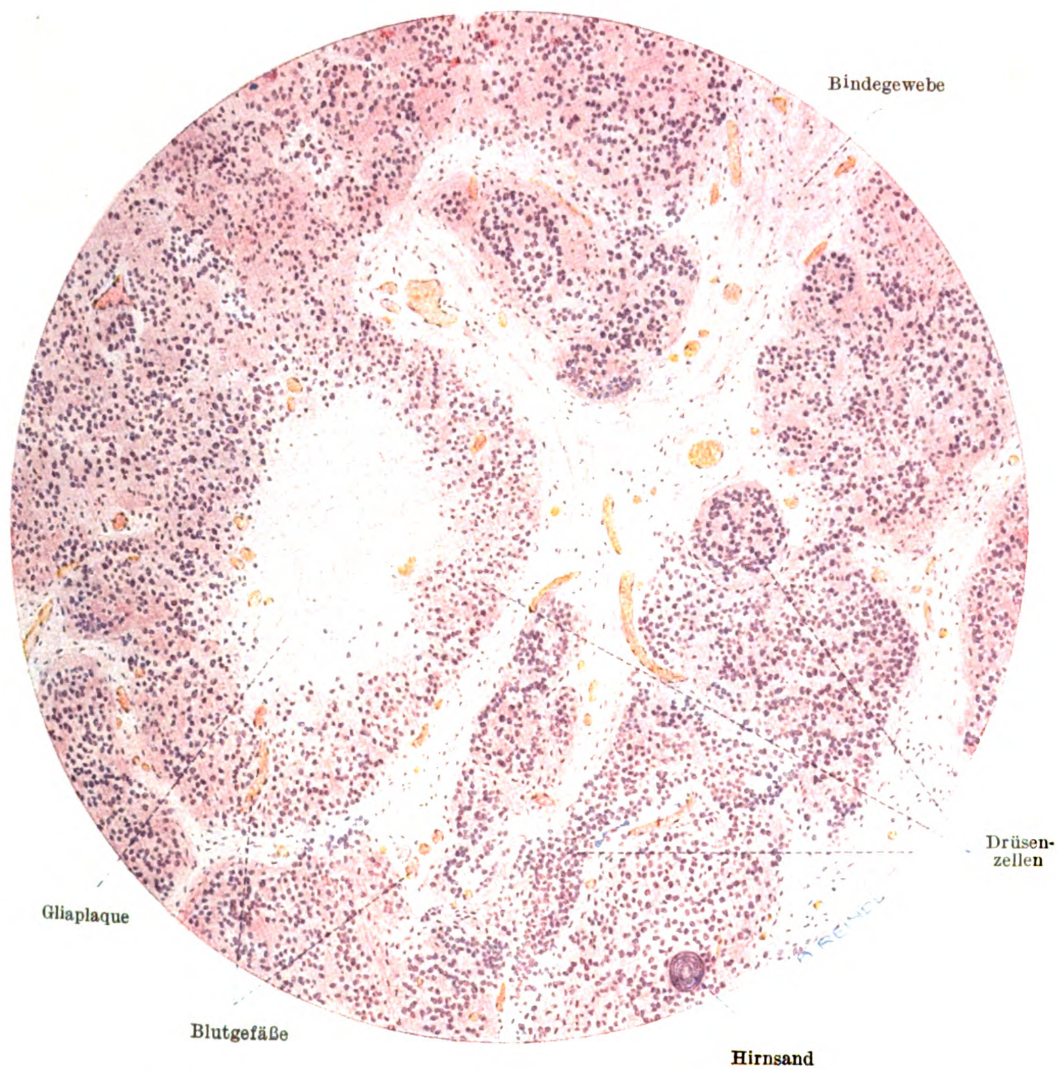


Fig. 162. Teil eines Schnittes durch die menschliche Epiphyse.

Ca. 90mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

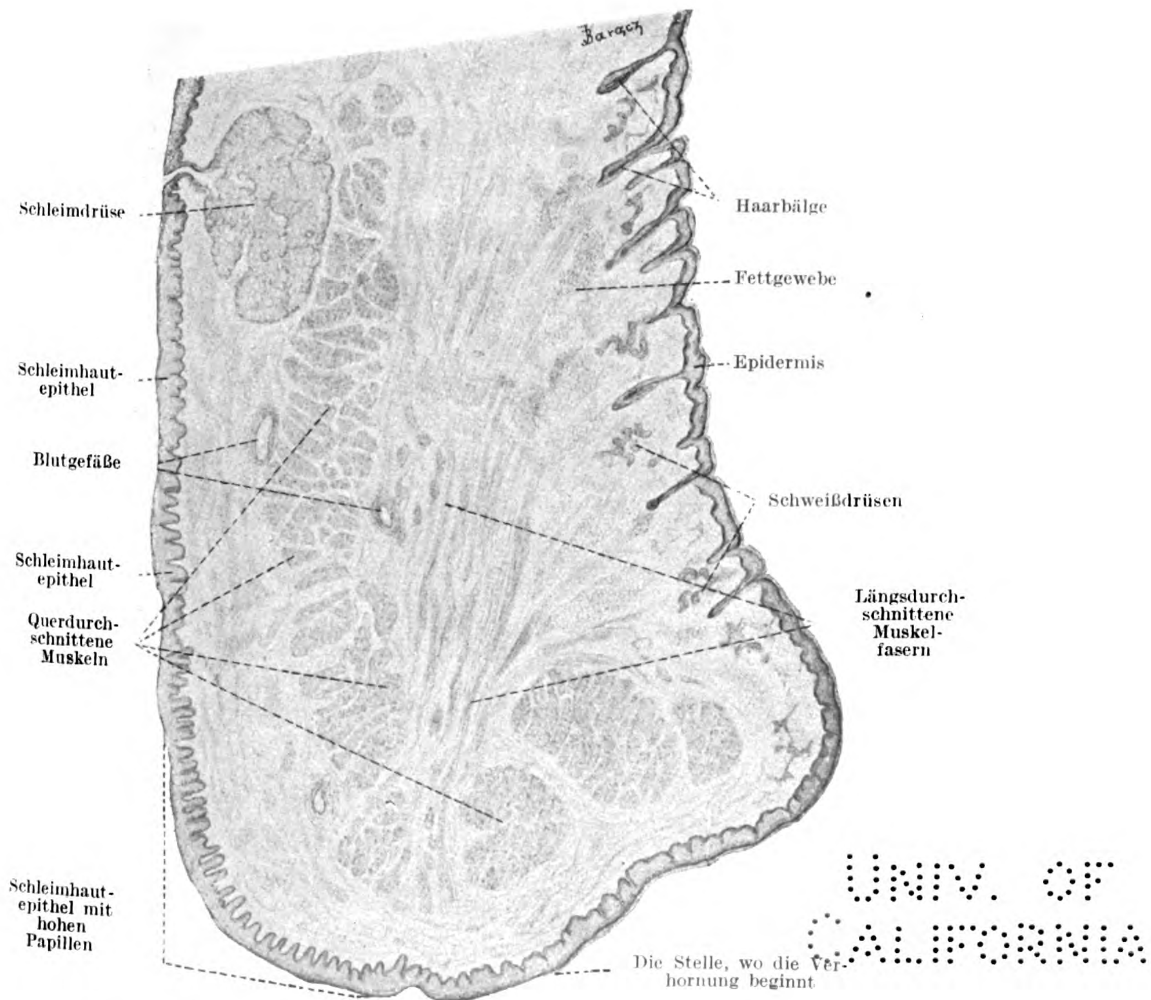


Fig. 163. Schnitt durch die Oberlippe eines $2^1/_2$ Jahre alten Kindes.

Ca. 14mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

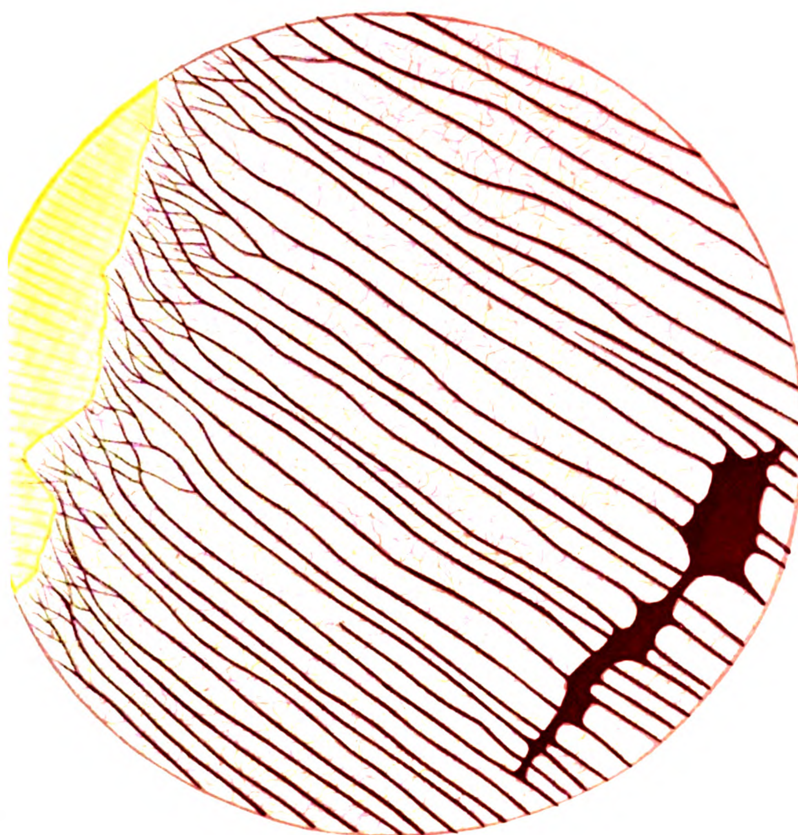


Fig. 167. Aus einem Längsschliffe durch den Seitenteil der Krone eines menschlichen Eckzahnes.

Die mit Farbstoff gefüllten Zahnkanälchen teilweise zwischen die Schmelzprismen eindringend. Interglobularraum mit violettem Farbstoff gefüllt, ist durch Zahnbeinkugeln begrenzt. Ca. 330mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

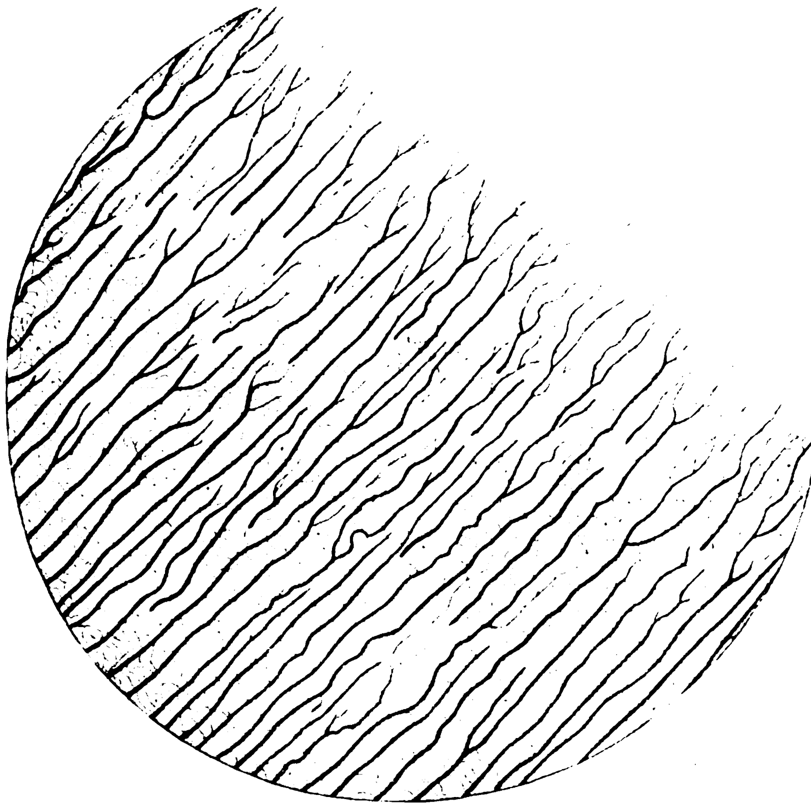


Fig. 168. Aus einem Querschliffe durch den Hals eines menschlichen Backzahnes.

Die Zahnkanälchen zeigen Teilungen und zahlreiche Verbindungen untereinander. Alle Zahnkanälchen sind mit Farbstoff gefüllt. Ca. 330mal vergrößert.

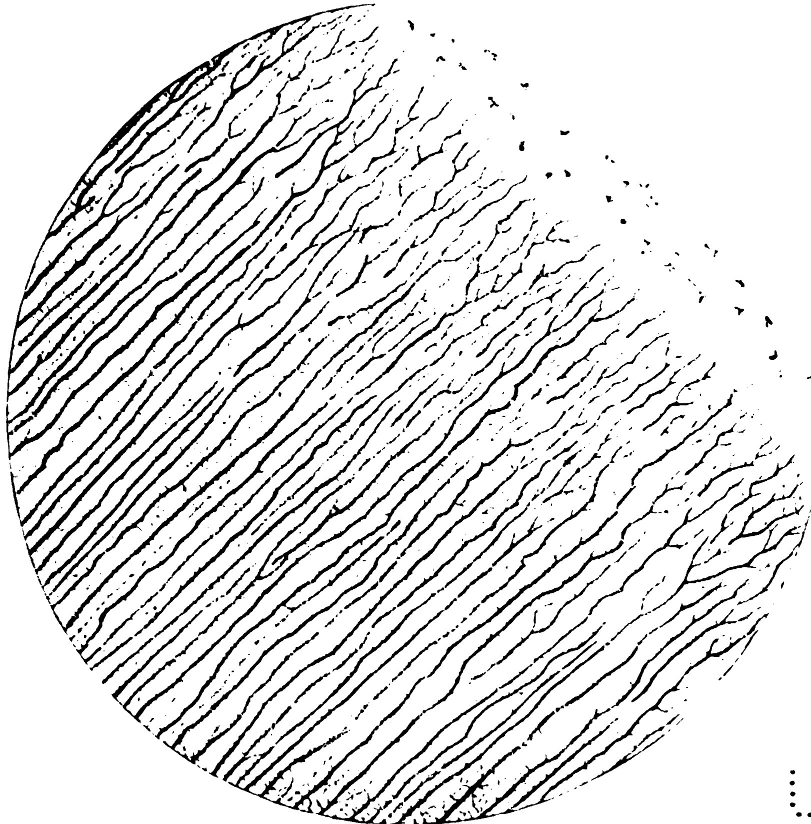


Fig. 169. Aus einem Querschnitte durch die Wurzel eines menschlichen Backzahnes.

Die mit violettem Farbstoff gefüllten Zahnkanälchen zeigen zahlreiche Teilungen. Es sind auch kleine Interglobularräume der Körnerschicht zu sehen. Ca. 330mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.



Fig. 175. Schnitt durch die Anlage eines Unterkieferzahnes von einem 6monatigen Embryo. Eisenhämatoxylin-Eosin.

Stark vergrößert.

Fig. 181.

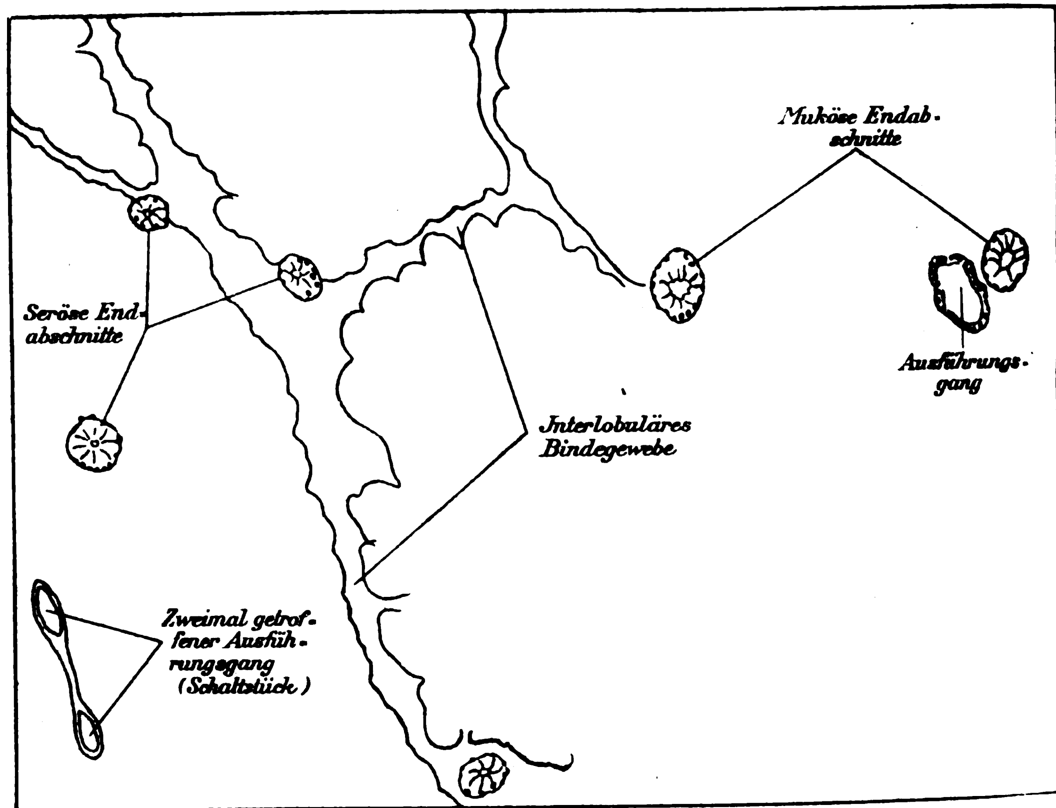


Fig. 182.

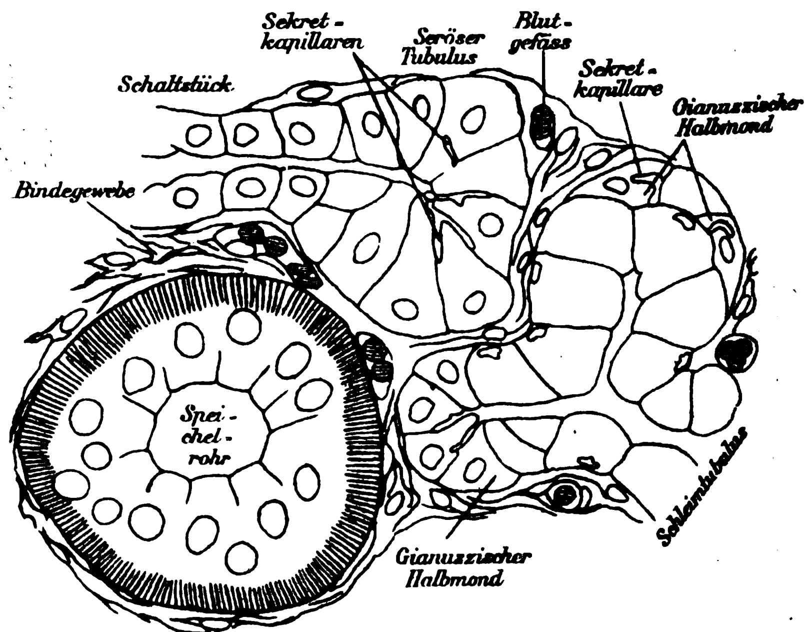


Fig. 181. Aus einem Schnitt durch die Glandula submaxillaris des Menschen. Hämatoxylin-Eosin. Ca. 150 mal vergrößert.

Fig. 182. Aus einem Schnitt durch die Glandula submaxillaris des Menschen. Färbung nach Biondi. Ca. 600 mal vergrößert.

Fig. 181.

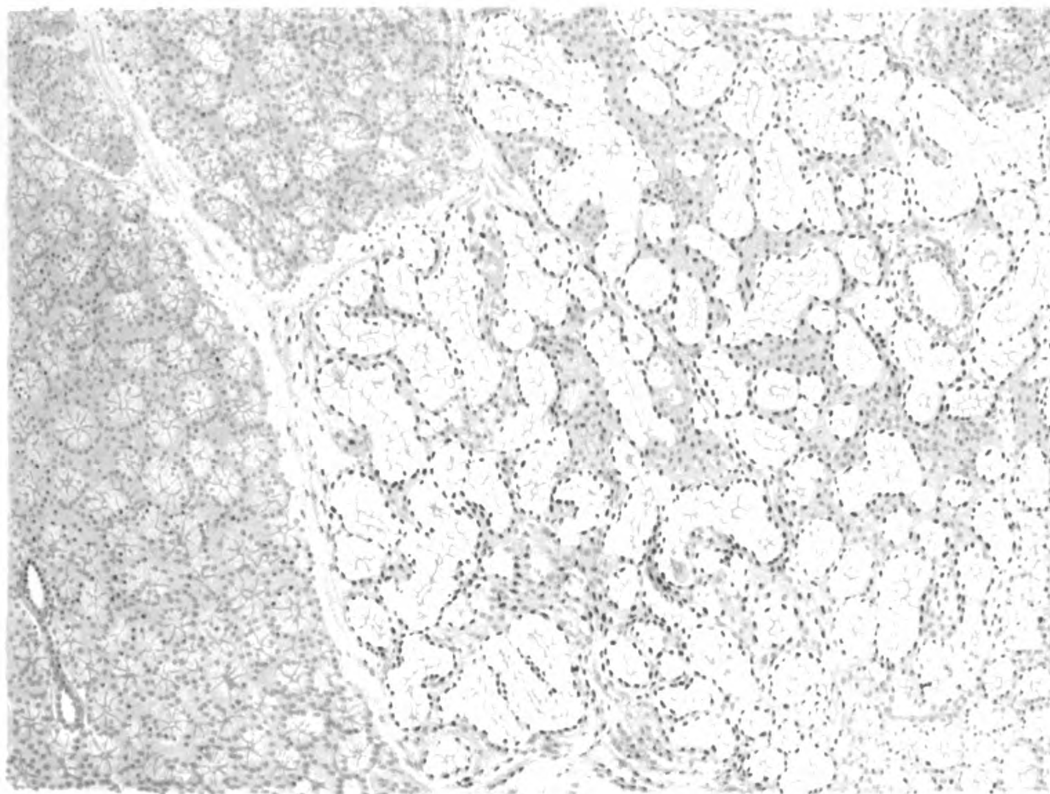
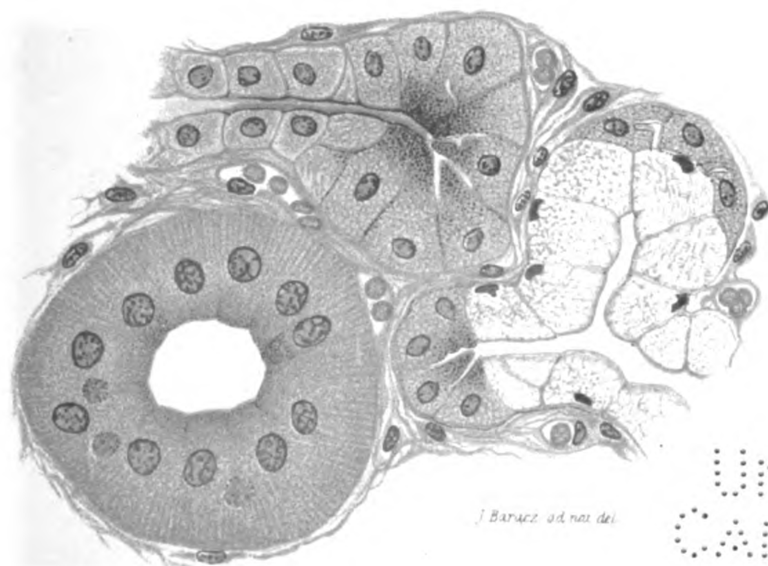


Fig. 182.



Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig. Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg



Fig. 183. Unterkieferdrüse des Menschen. Färbung nach Biondi.

Ca. 270mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

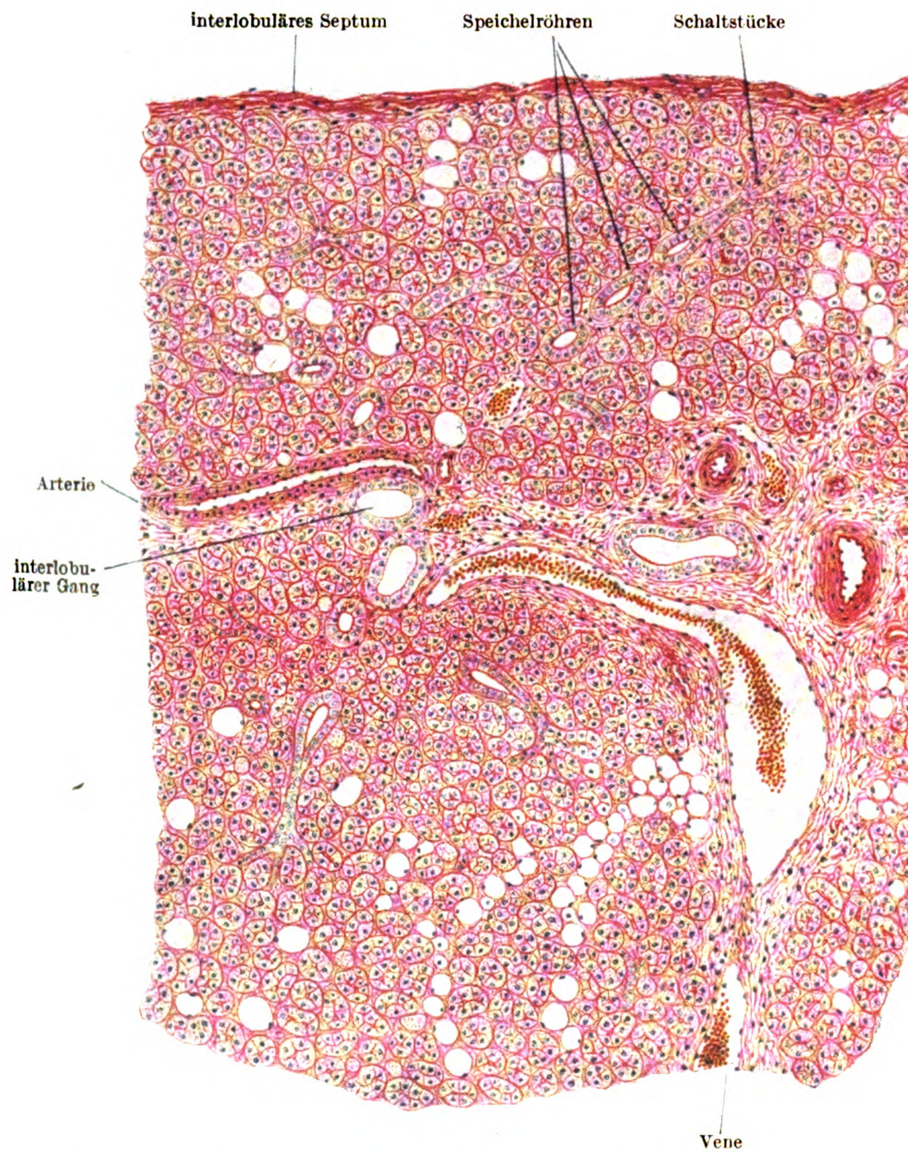


Fig. 186. Ohrspeicheldrüse vom Menschen. Färbung nach Biondi.

Ca. 60mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

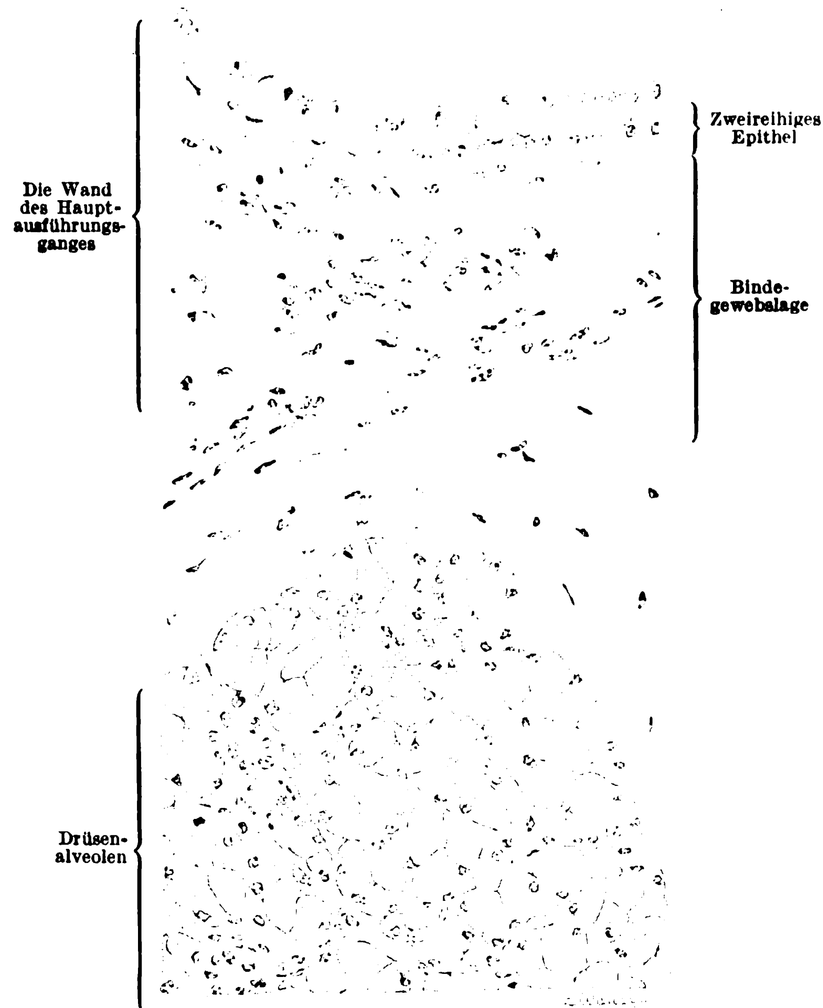


Fig. 187. Kleiner Teil eines Schnittes durch die Parotis des Menschen.

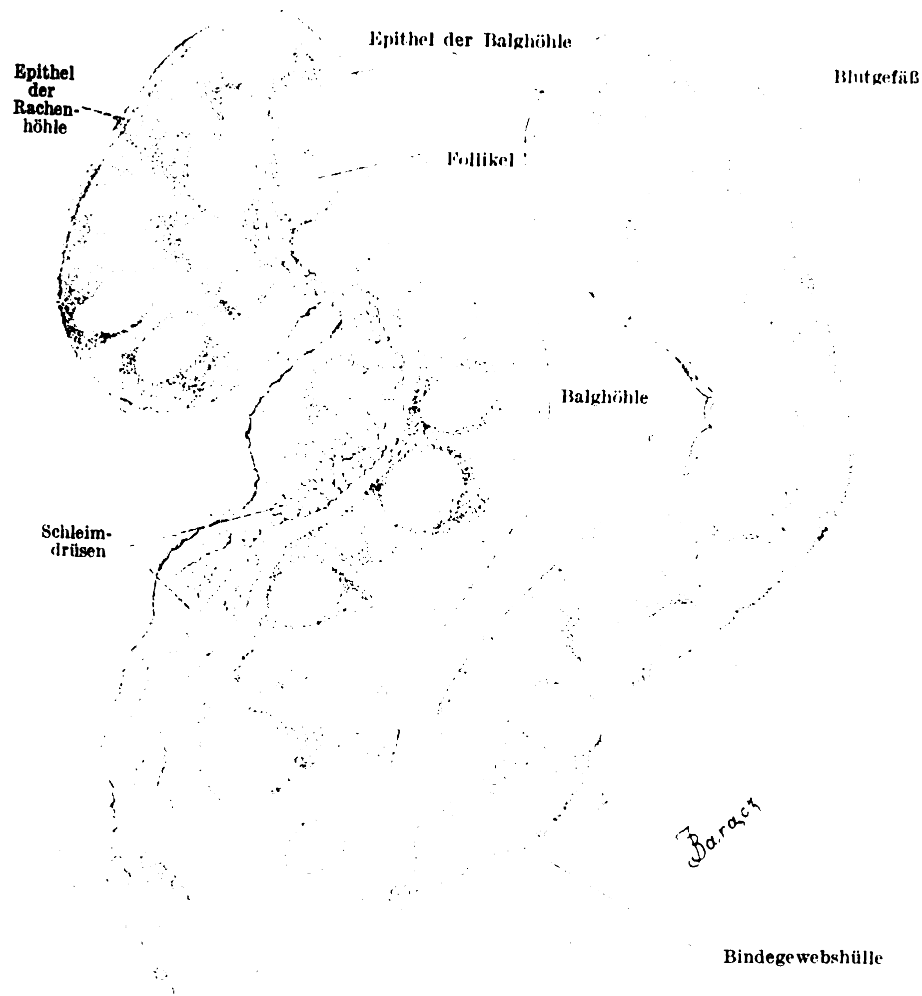


Fig. 190. Schnitt durch eine Gaumenmandel des Hundes.

Bei × sind ausgewanderte Leukozyten zu sehen. Ca. 15mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

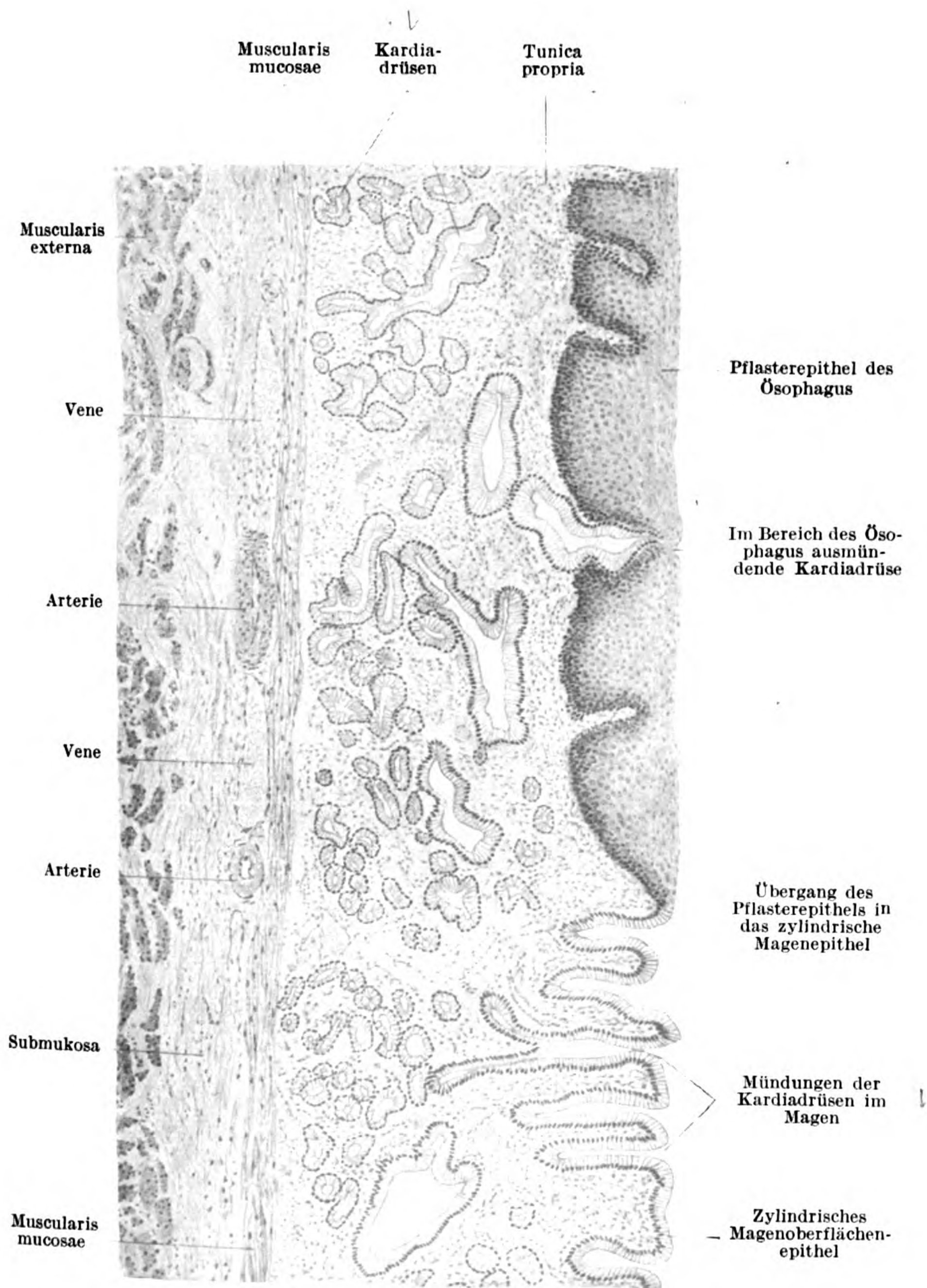


Fig. 192. Längsschnitt durch die Speiseröhre-Magengrenze des Menschen.
Mittelstark vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

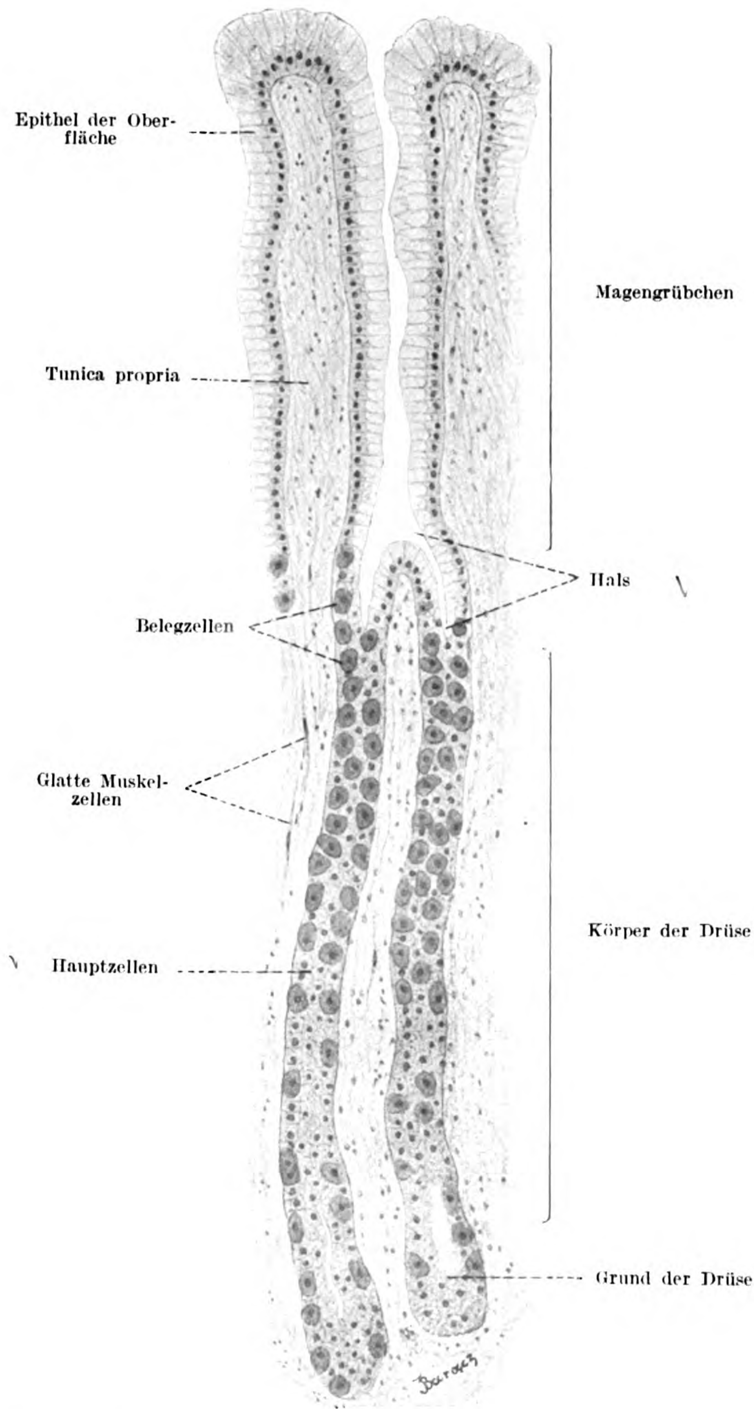


Fig. 194. Aus einem senkrechten Schnitt durch die Magenschleimhaut der Fundusgegend des Menschen.

Ca. 250mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

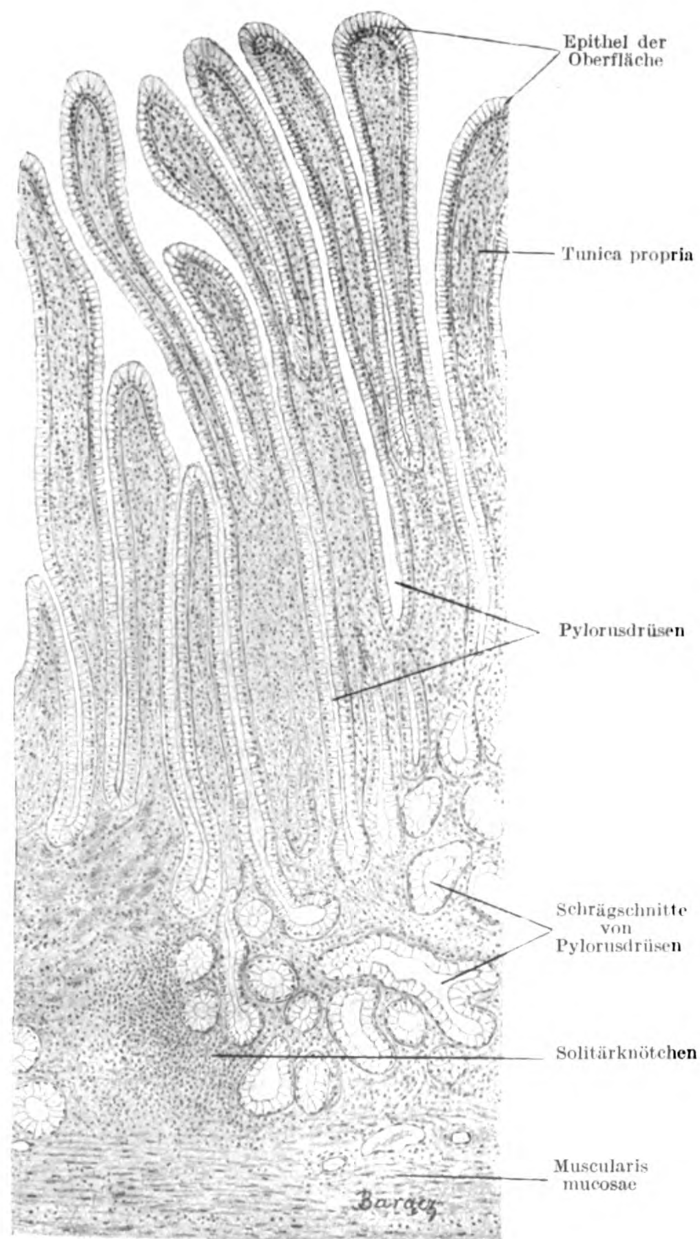


Fig. 198. Aus einem senkrechten Schnitt durch die Magenschleimhaut der Pylorusgegend des Menschen.

Ca. 100mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

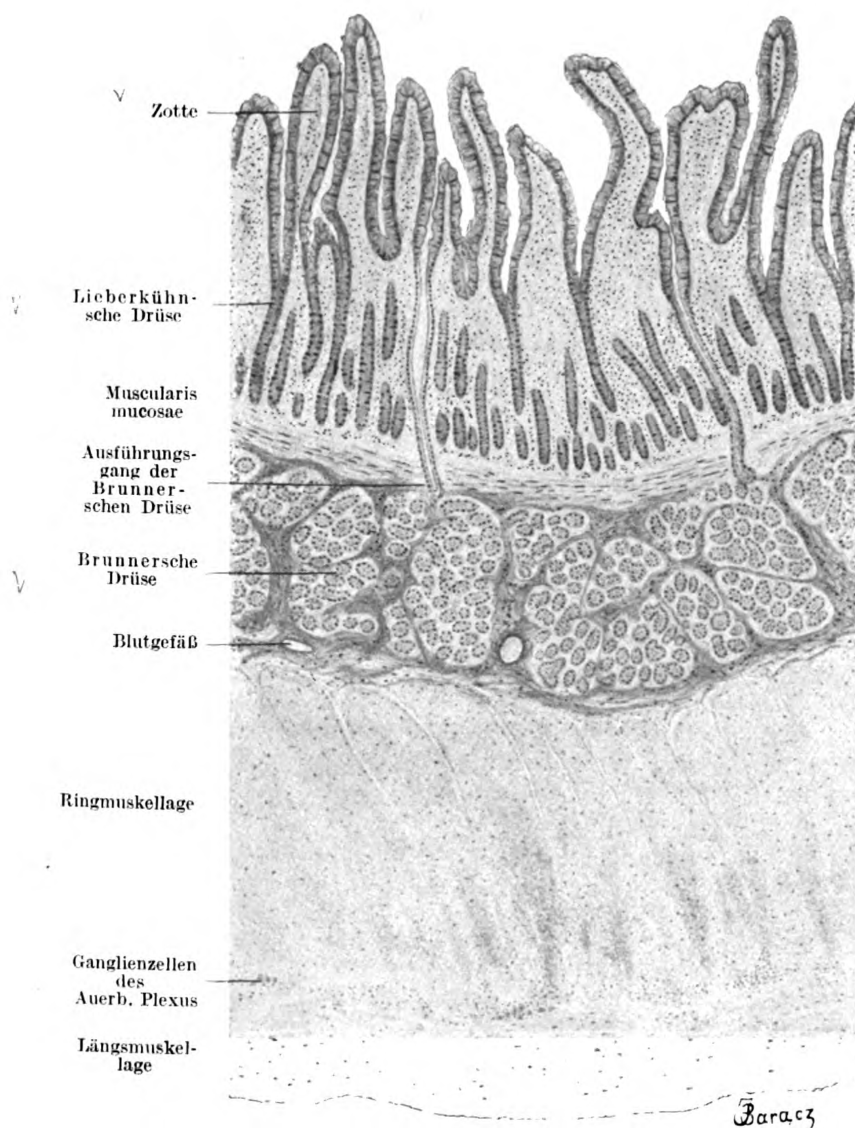


Fig. 199. Aus einem Längsschnitte durch das Duodenum der Katze.

34mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

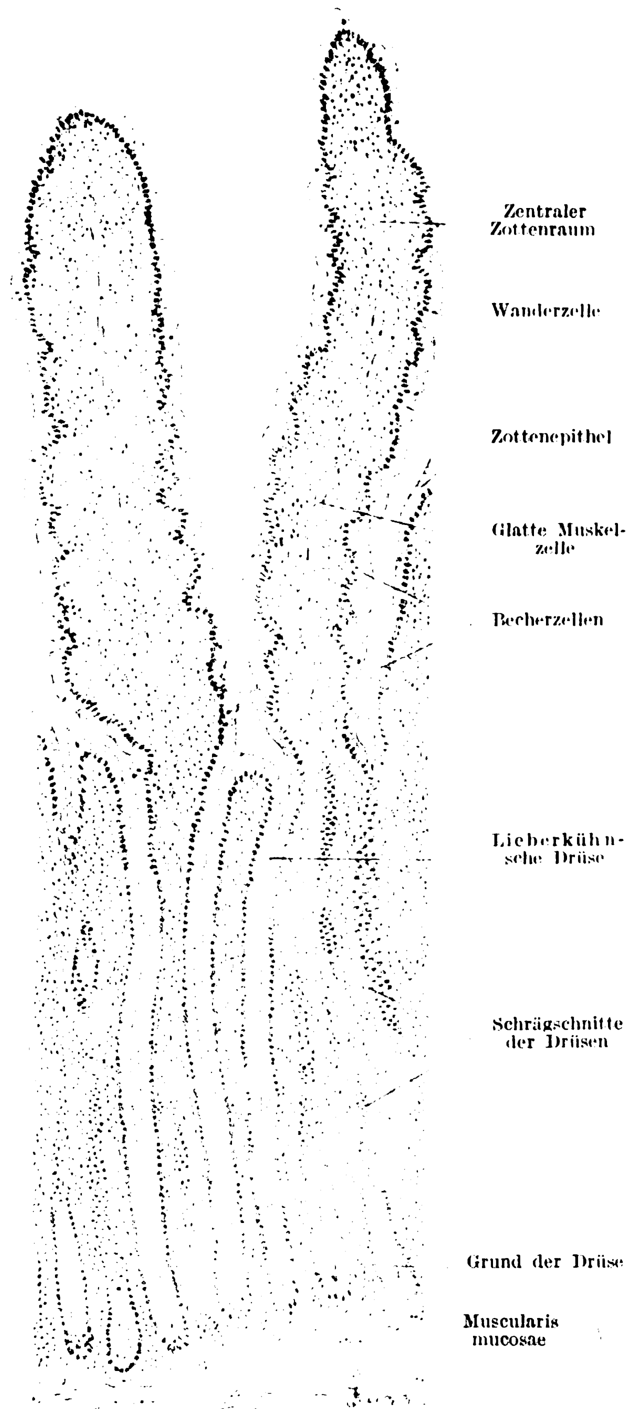


Fig. 200. Senkrechter Schnitt durch die Schleimhaut des Jejunums der Katze.
Ca. 115mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

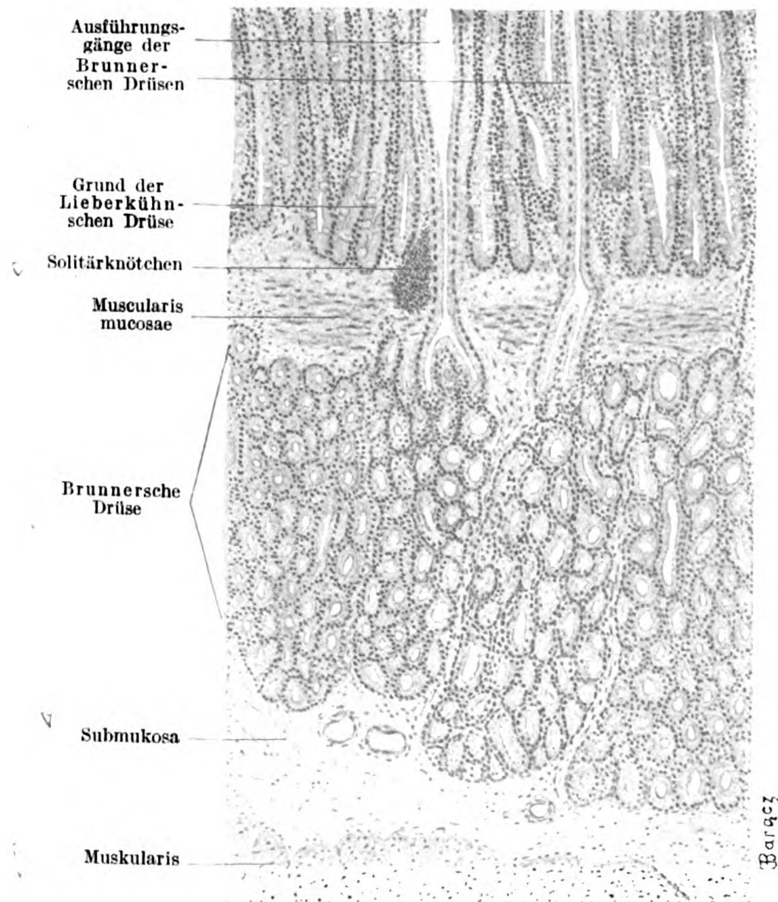


Fig. 201. Aus einem Schnitt durch das Duodenum der Katze.

Es ist die ganze Submukosa samt Brunnerschen Drüsen und angrenzenden Partien der Mukosa und Muskularis zu sehen. Ca. 100mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

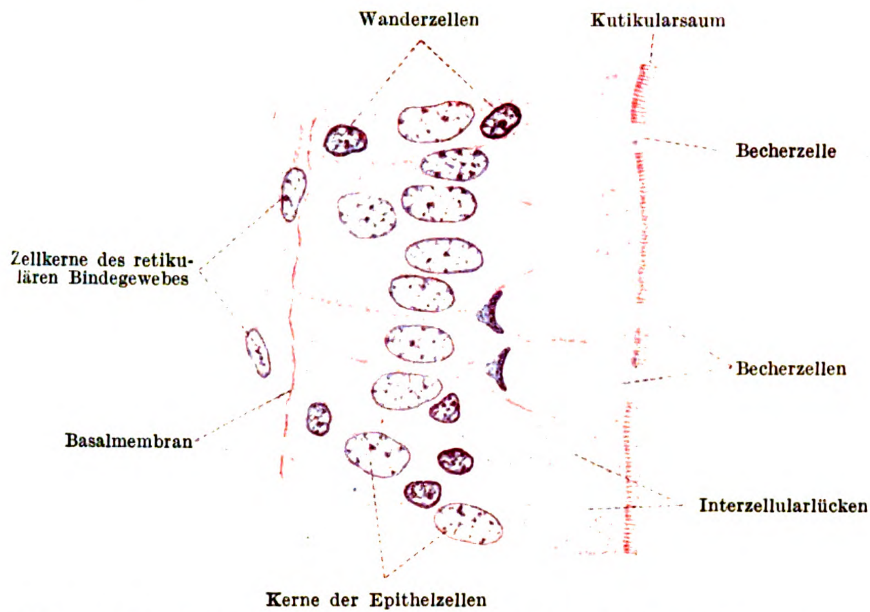


Fig. 203. Darmepithel aus einem Längsschnitt durch eine Darmzotte der Katze.
Ca. 1100mal vergrößert.

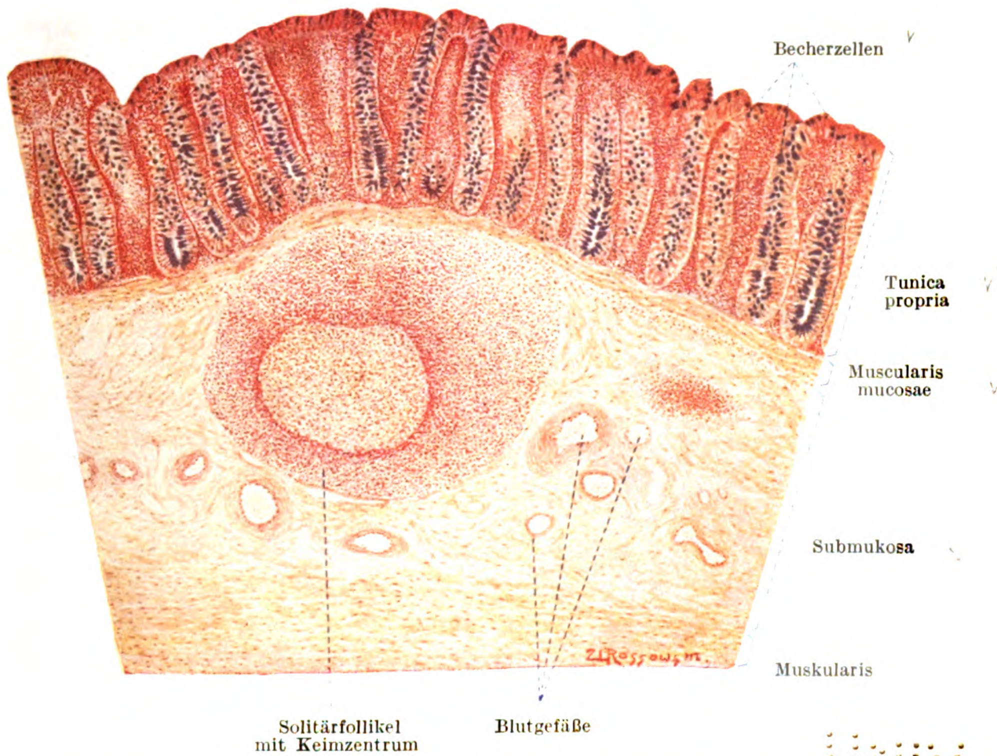


Fig. 205. Schnitt durch die Schleimhaut des menschlichen Dickdarmes. Man sieht in der Submukosa einen großen Solitärfollikel.
Ca. 45mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

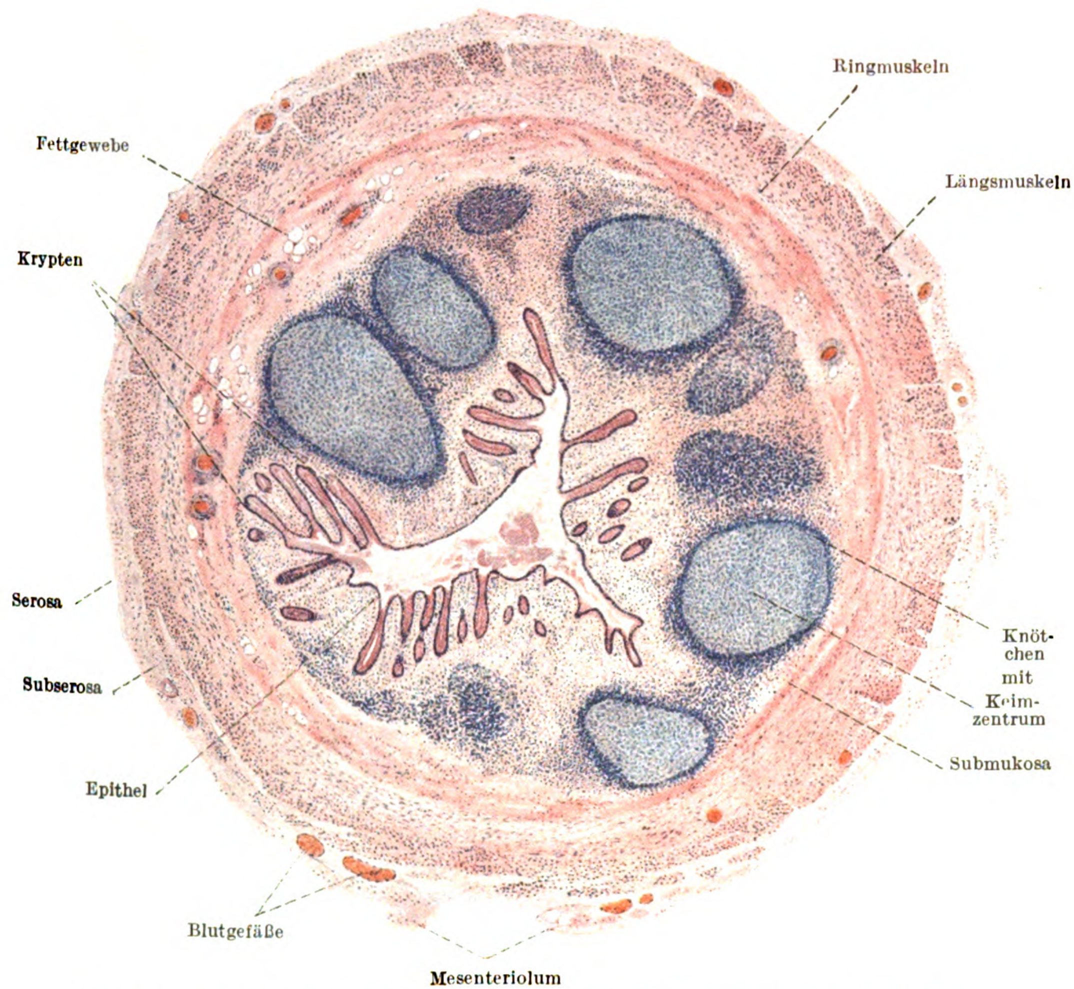


Fig. 206. Querschnitt des Processus vermiformis eines 21jährigen Hingerichteten. Zenker. Hämatoxylin-Eosin.

Schwache Vergrößerung.

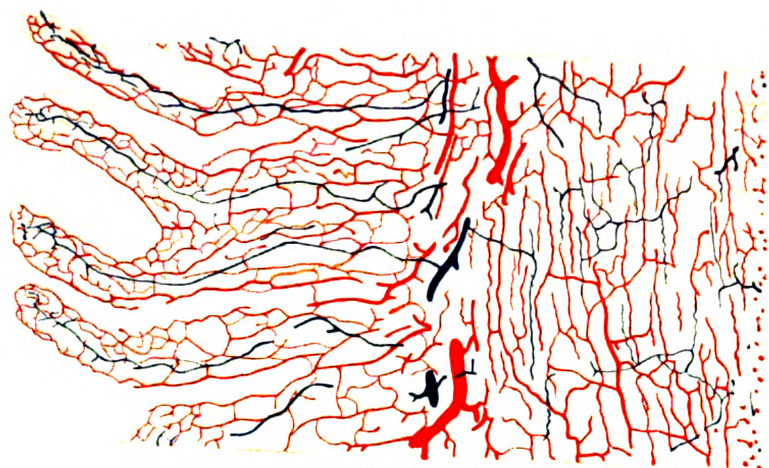


Fig. 208. Aus einem Schnitte durch den injizierten Dünndarm des Kaninchens.
Die Arterien rot, die Venen blau injiziert.
Ca. 50mal vergrößert.

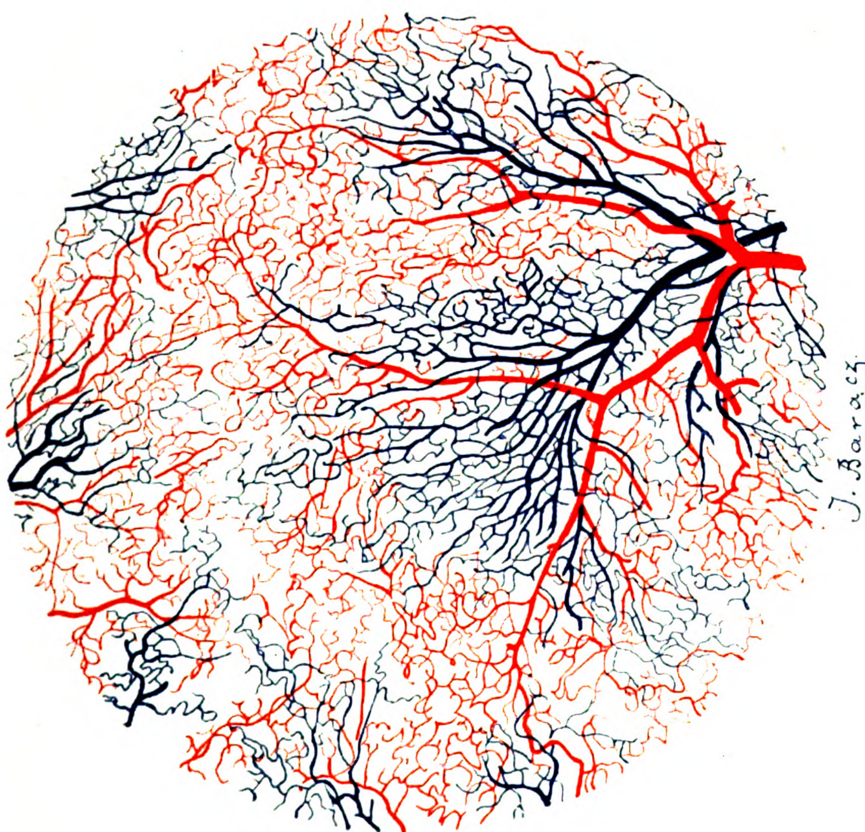


Fig. 207. Aus einem Schnitt durch eine doppelt injizierte Submaxillaris des Kaninchens.
Die Arterien rot, die Venen blau injiziert. Ca. 10mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

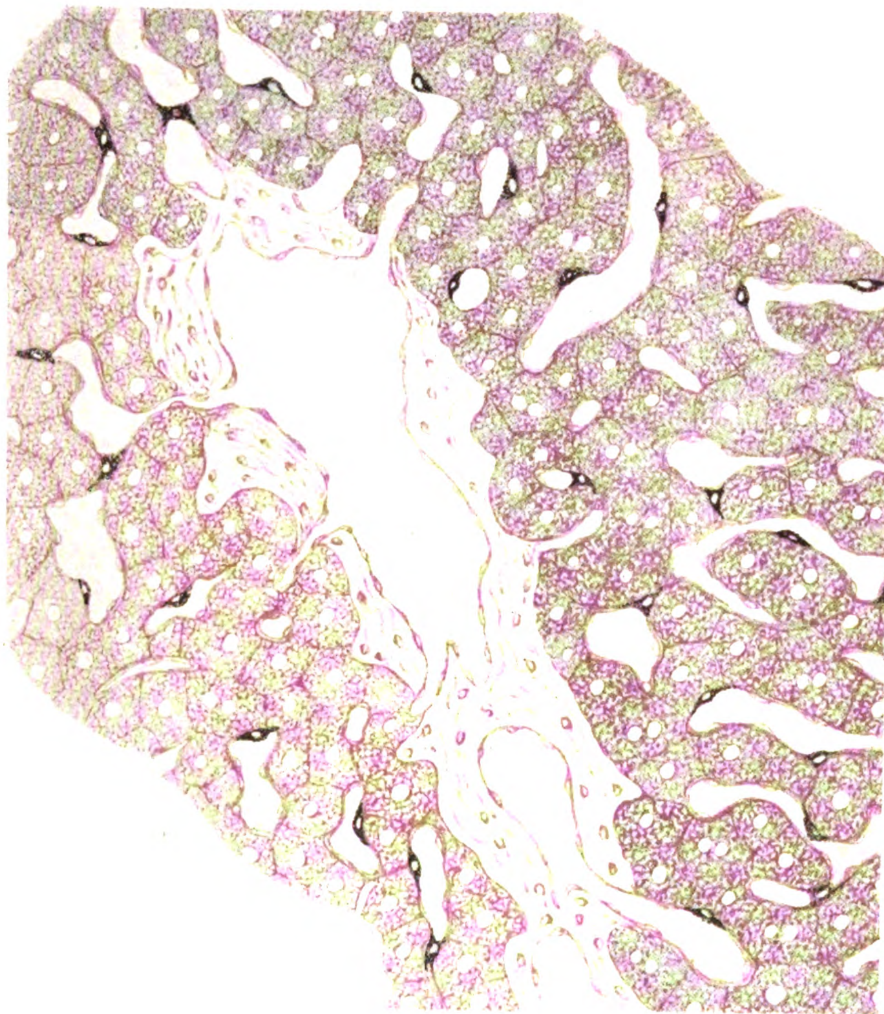


Fig. 216. Leber vom Menschen. Gefrierschnitt mit Goldchlorid und Salzsäure behandelt. Leberzellen und Bindegewebe rot, Kupffersche Sternzellen schwarz.

Ca. 400mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

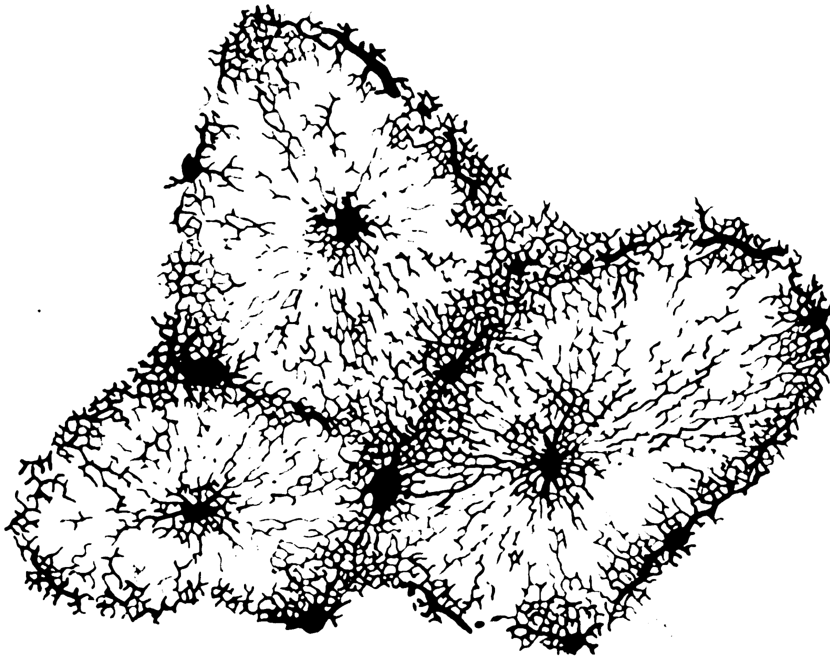


Fig. 217. Blutgefäße von drei Leberläppchen des Kaninchens, blau injiziert.

In der Mitte der Läppchen sind Vv. centrales, an der Peripherie der Läppchen Vv. interlobulares zu sehen. Ca. 60mal vergrößert.

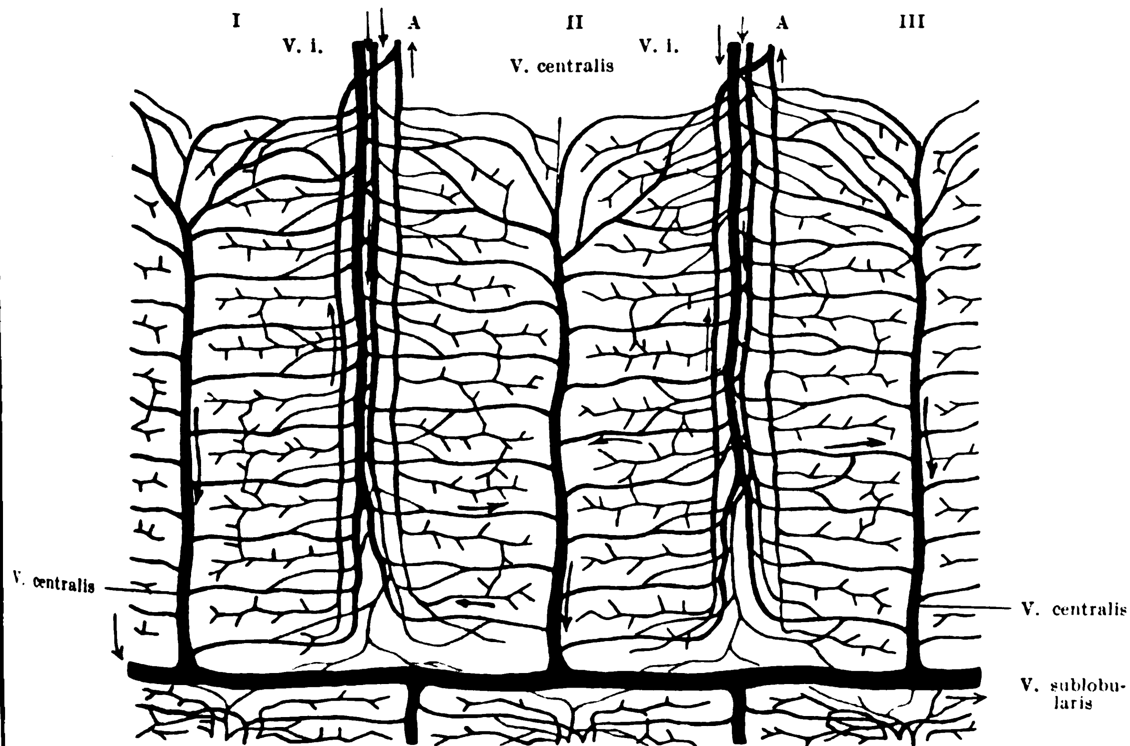


Fig. 218. Schema der Leber.

Es sind drei Läppchen (I, II, III) zu sehen. Die Gallenwege sind schwarz, die Arterien rot und die Venen blau dargestellt. V. i. = V. interlobularis, A = Ausführungsgang. Die Richtung des Kreislaufes ist eingezeichnet.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

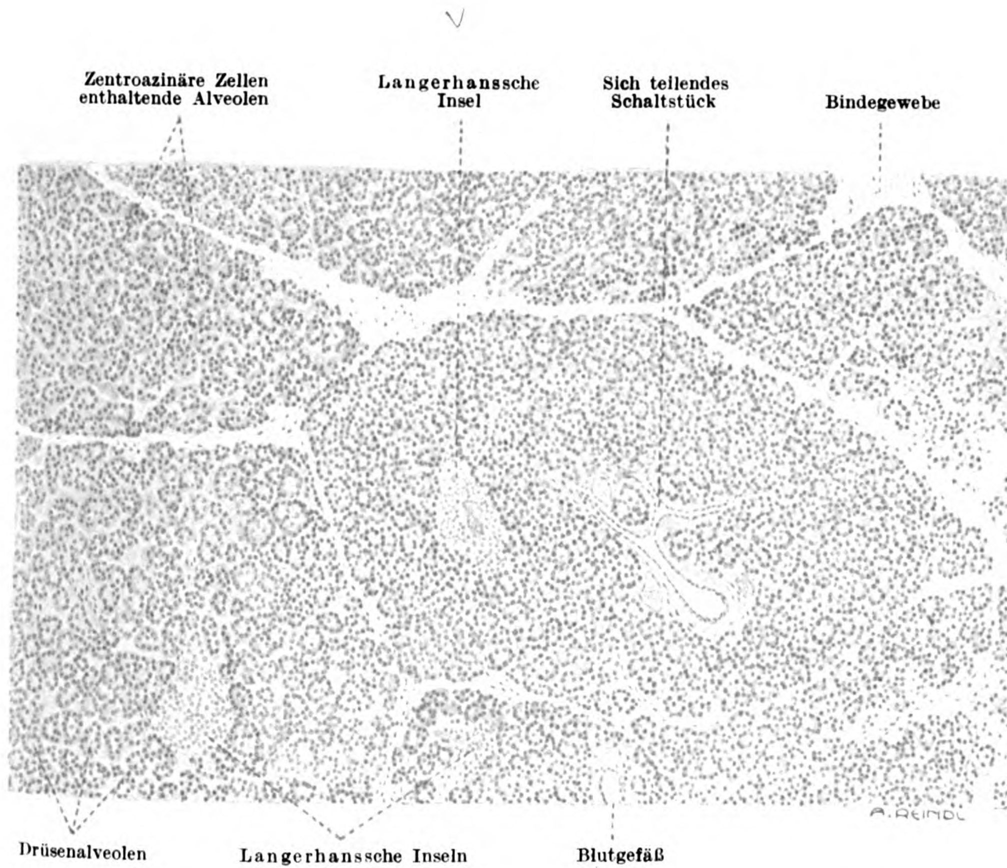


Fig. 220. Teil eines Schnittes durch das Pankreas des Menschen. Man sieht ein ganzes und Teile von benachbarten Läppchen. Gefärbt mit Hämatoxylin-Eosin.

Ca. 100mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

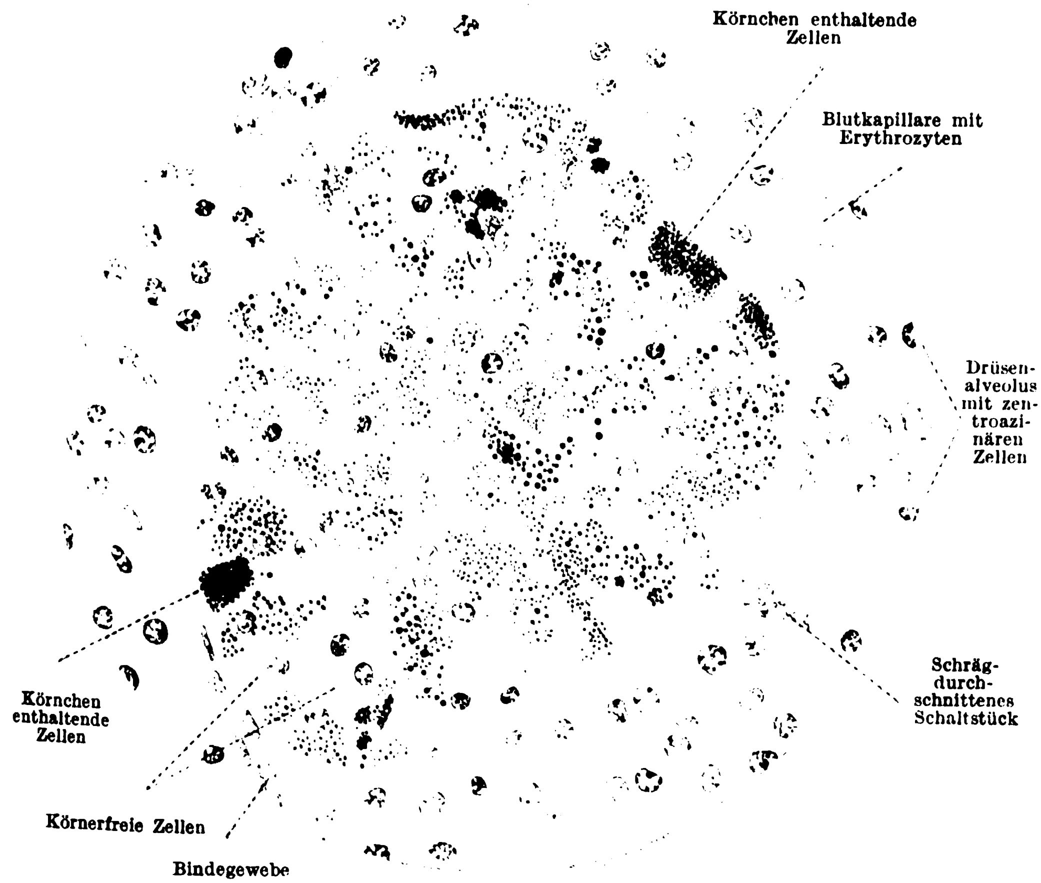


Fig. 223. Langerhanssche Insel aus einem menschlichen Pankreas mit Teilen von benachbarten Drüsenalveolen. Gefärbt mit Eisenhämatoxylin-Eosin.

Ca. 600mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

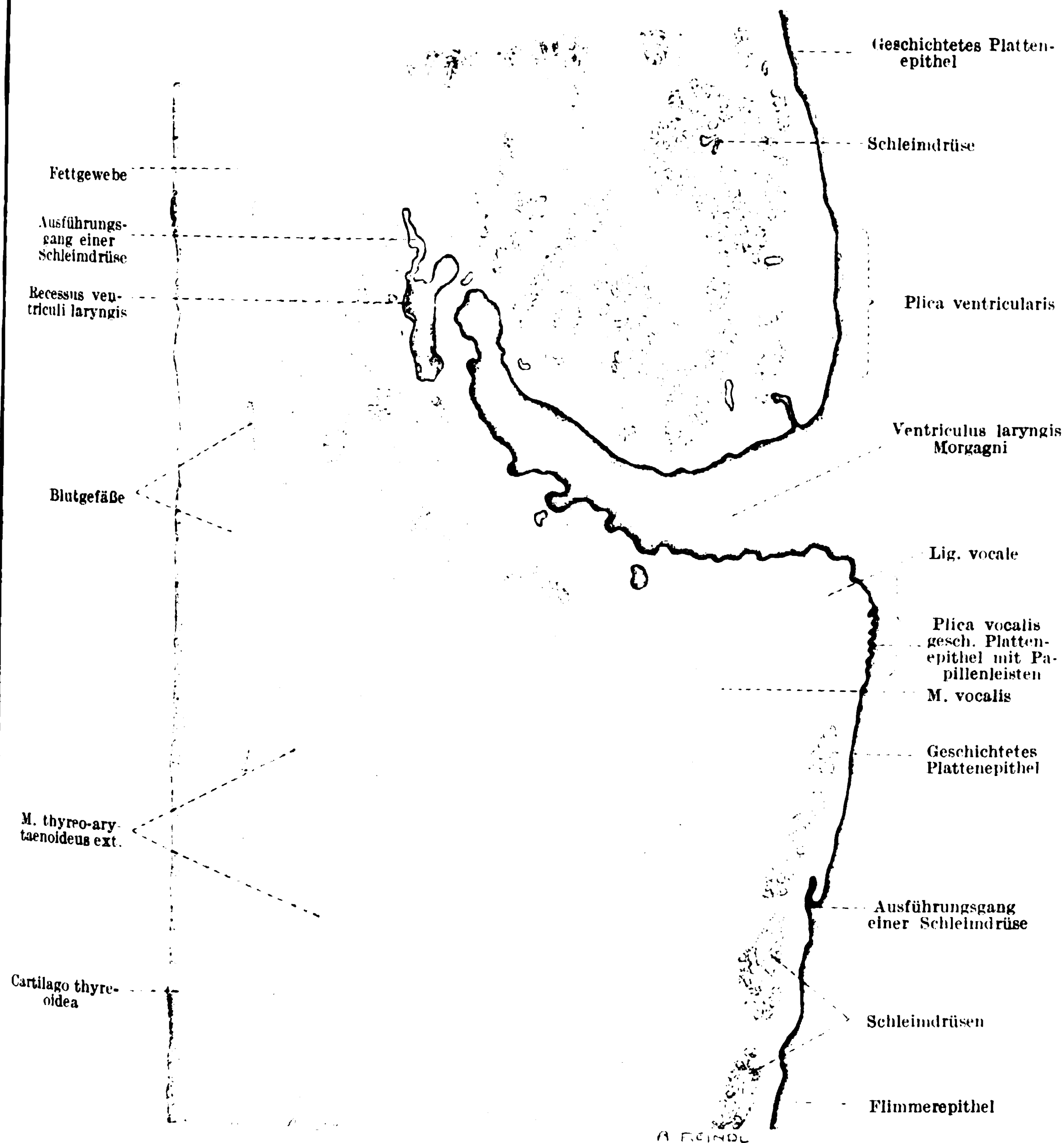


Fig. 224. Frontalschnitt durch den Kehlkopf des Menschen.

Ca. 18mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

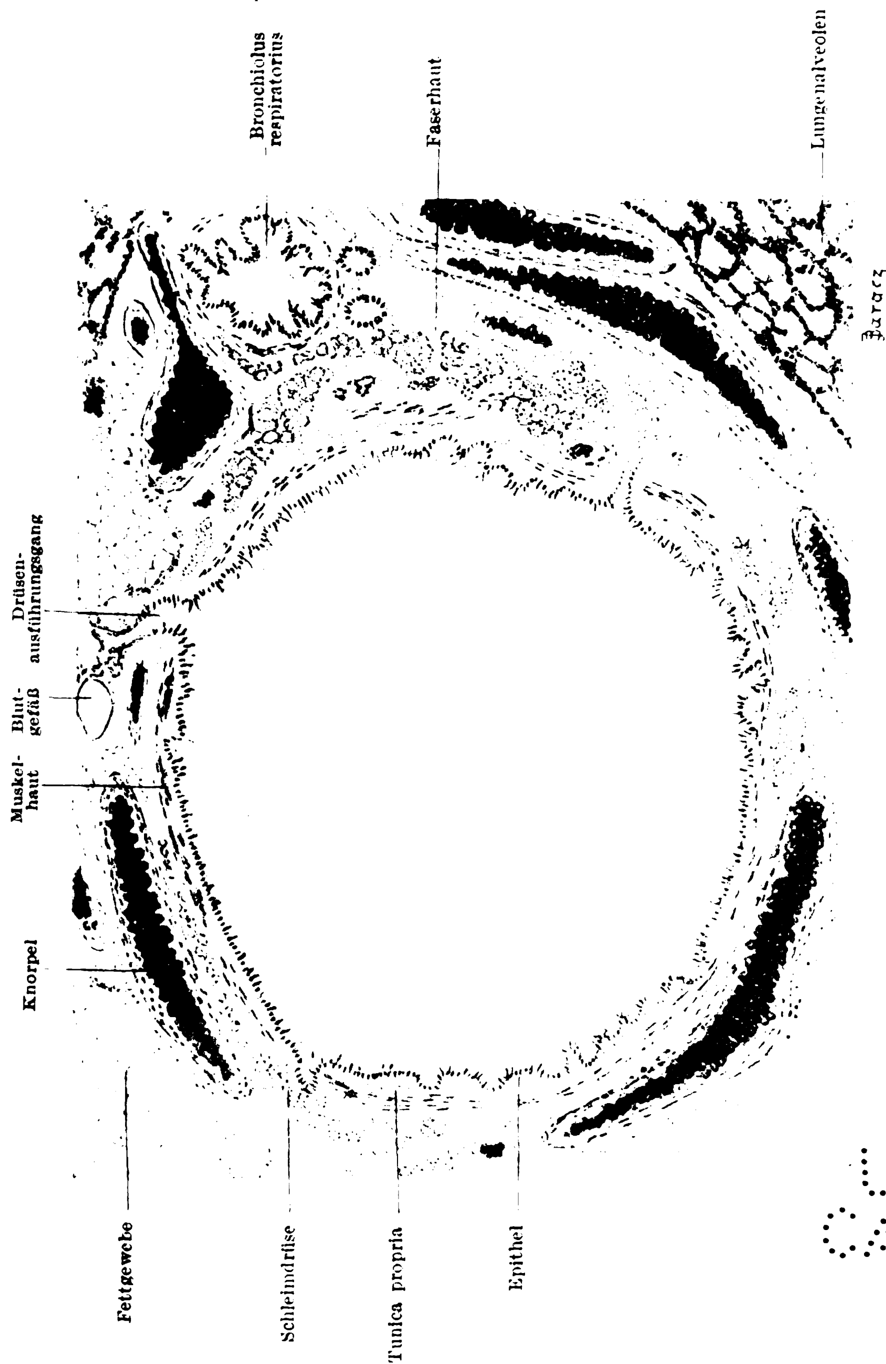


Fig. 225. Querschnitt eines $1^3/_4$ mm dicken Bronchialastes der Katze.

Ca. 40 mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

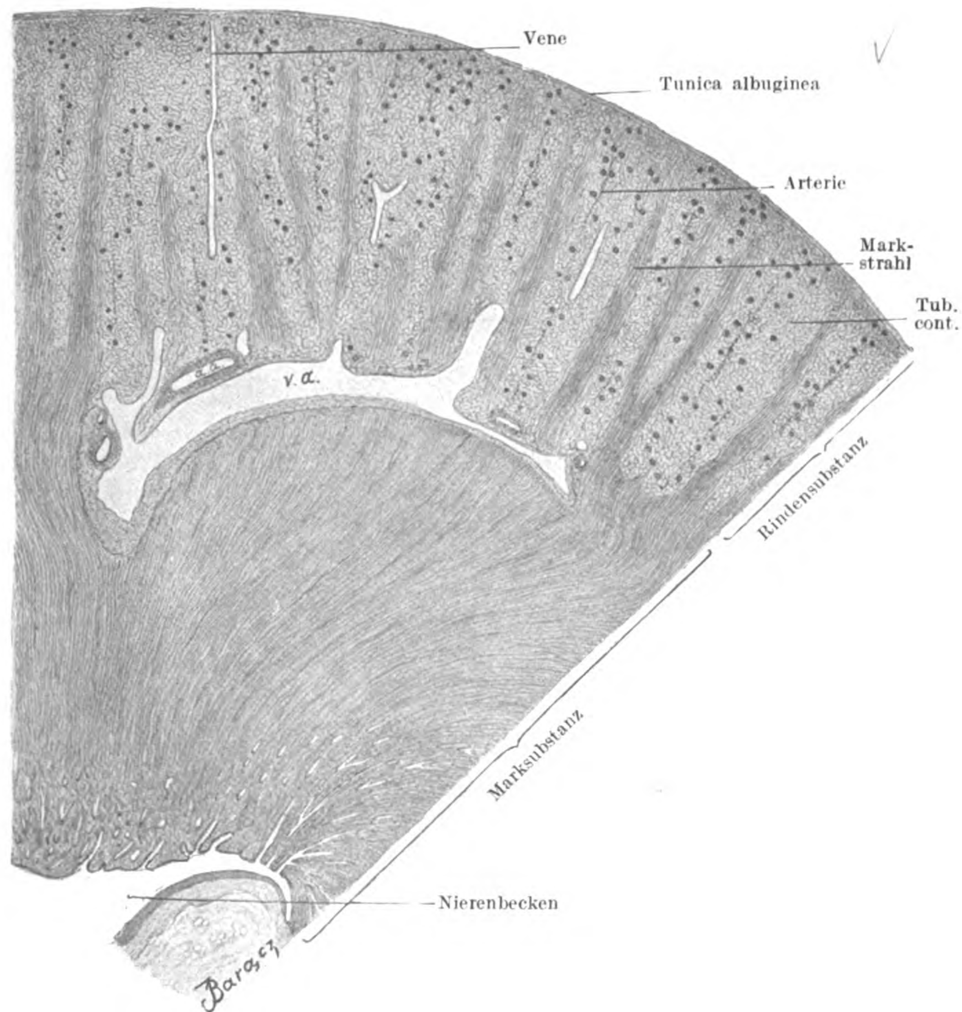


Fig. 229. Längsschnitt durch einen Teil der Affenniere.

a. a. = A. arciformis; v. a. = V. arciformis.
Ca. 13mal vergrößert.

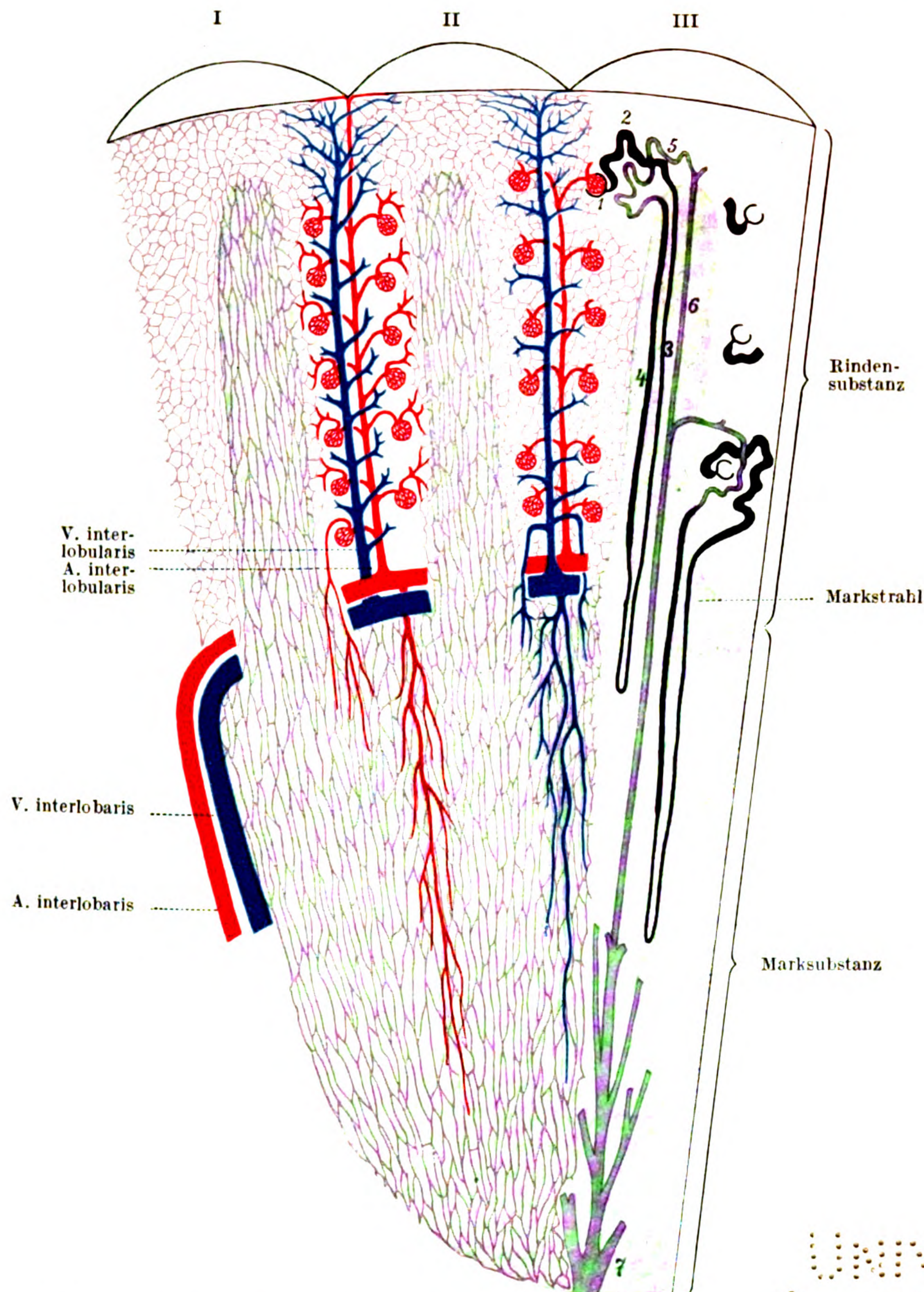


Fig. 230. Schematische Darstellung des Verlaufes der Harnkanälchen (rechts) und der Nierengefäße (links).

Die Arterien sind rot, die Venen blau, die Kapillaren violett: Capsulae Bowmani, Tub. cont. I. ord. Ansae Henlei sind schwarz, Tub. cont. II. ord. und Sammelröhrchen grau.

I, II, III = drei Nierenläppchen, 1 = Capsula Bowmani, 2 = Tub. cont. I. ord., 3 = Ramus descendens ansae Henlei, 4 = Ramus ascendens ansae Henlei, 5 = Tub. cont. II. ord., 6 = Sammelröhrchen, 7 = Ductus papillaris.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

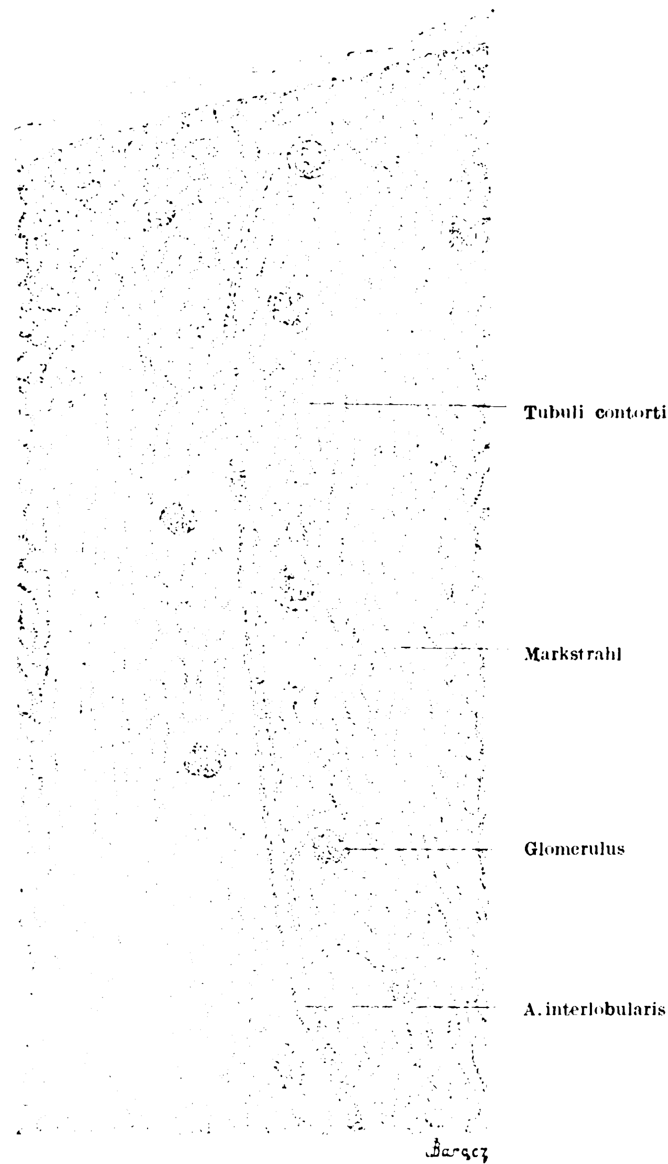


Fig. 231. Aus einem Längsschnitt durch die Rinde einer Affenniere.

Man sieht zwei Markstrahlen, zwischen ihnen die Malpighischen Körperchen und die gewundenen Kanälchen. In der Mitte verläuft eine Arterie. Ca. 55mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch Leipzig.

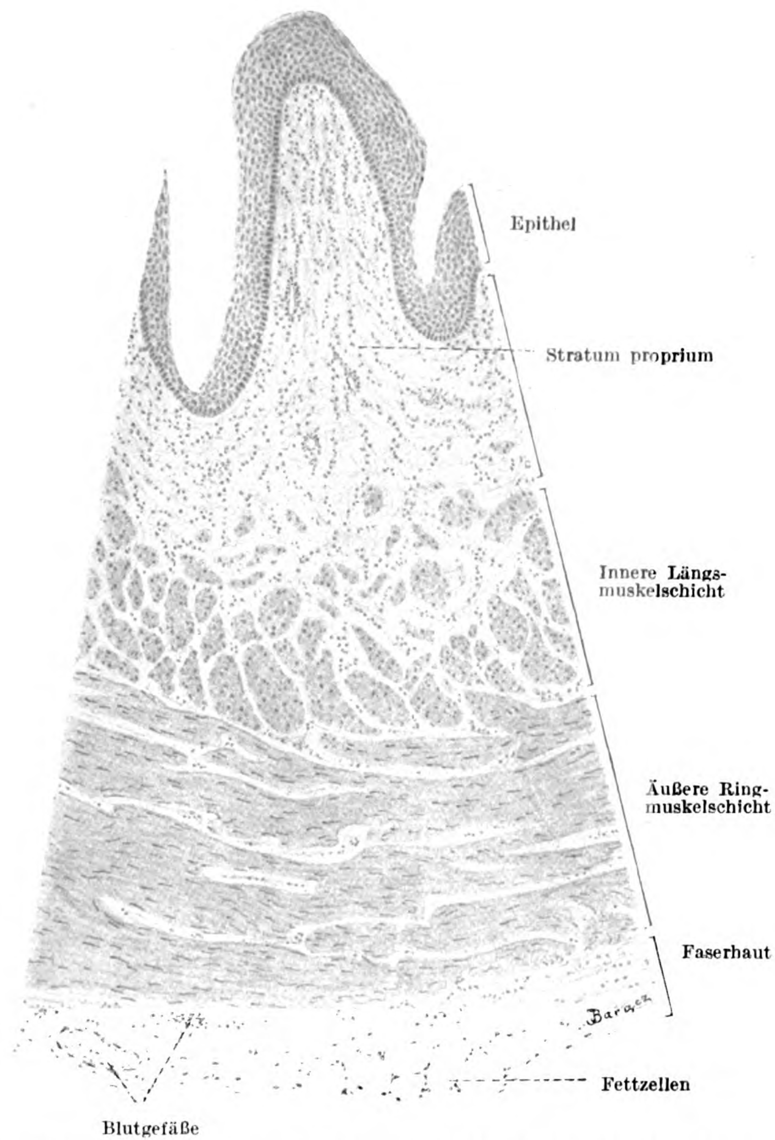


Fig. 236. Stück eines Querschnittes durch den Ureter des Hundes.

Ca. 110mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

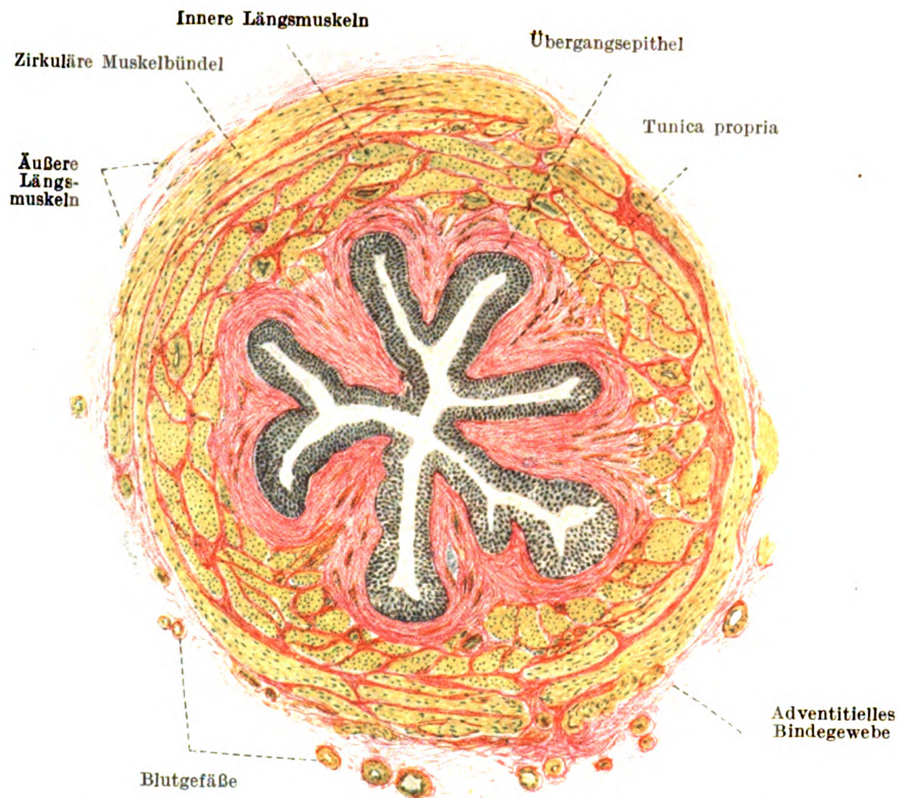


Fig. 237. Querschnitt durch einen kontrahierten Harnleiter von einem 20jährigen Hingerichteten. Färbung mit Hämatoxylin-Pikrofuchsin.

Schwache Vergrößerung.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

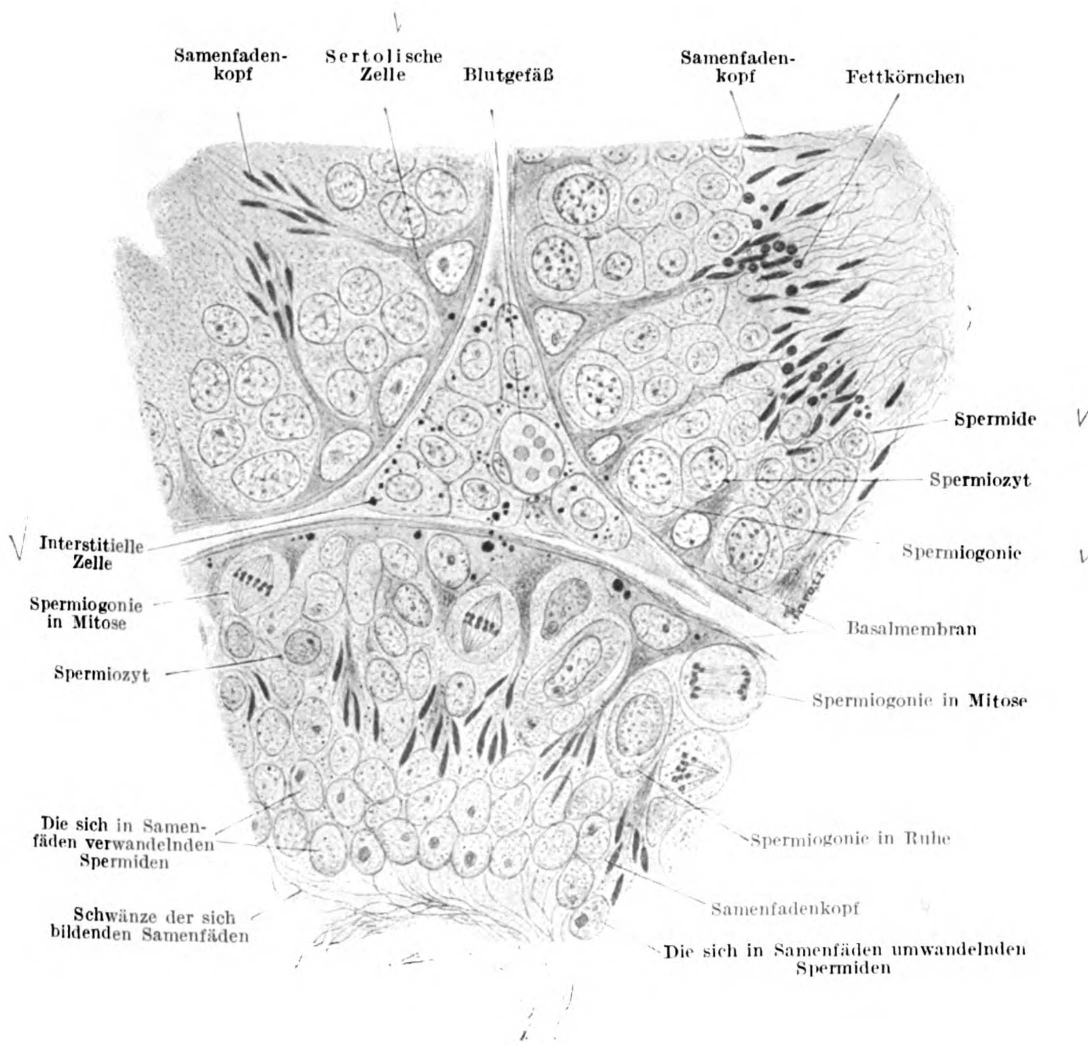


Fig. 243. Schnitt durch den Hoden einer weißen Maus.

Ca. 600mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

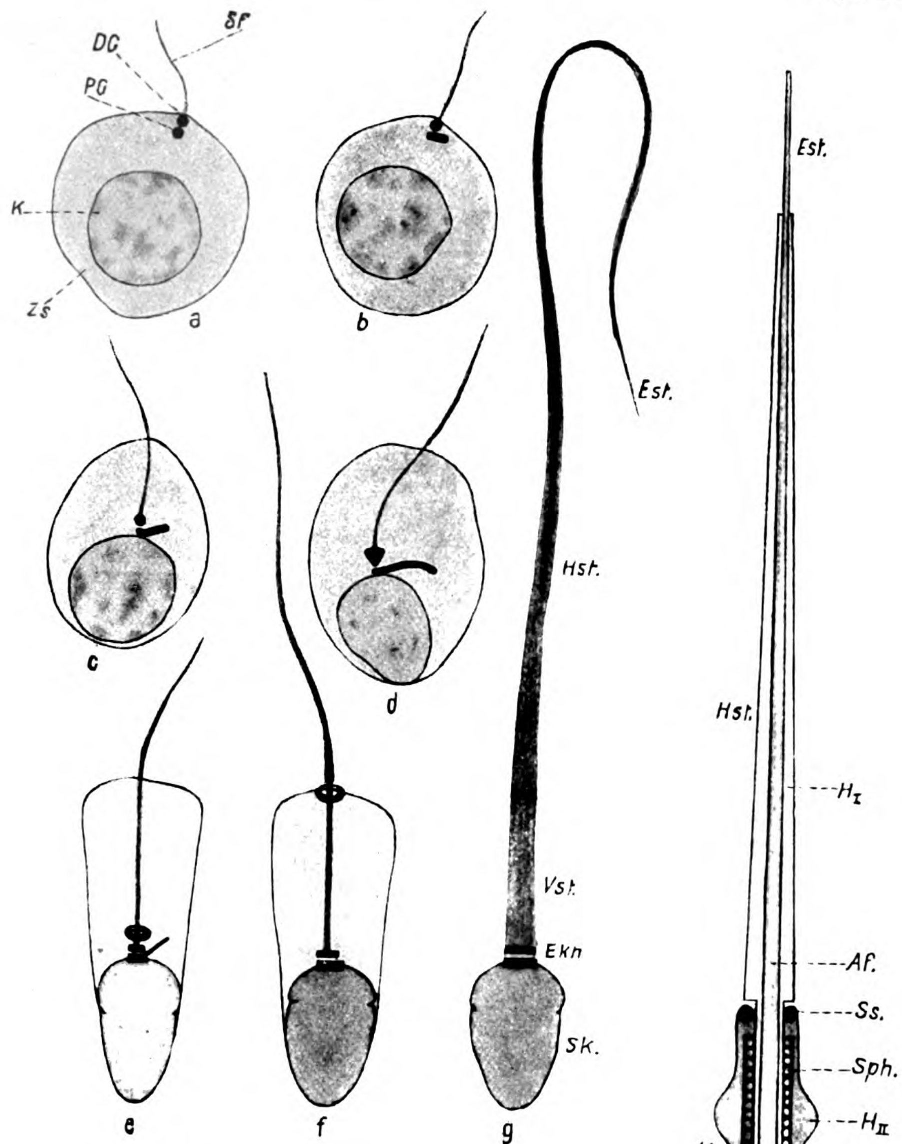


Fig. 245. a bis g = sieben Stadien der Umwandlung einer Spermide des Menschen in einen Samenfaden (g) halbschematisch dargestellt; h = schematische Darstellung des Baues eines reifen Samenfadens.

Erläuterung zur Figur a—f:
Zs = Zellsubstanz; K = Kern; PC = proximaler Zentralkörper; DC = distaler Zentralkörper; SF = Schwanzfaden.

Erläuterung zur Figur g und h:
Sk = Samenfadenkopf; Ekn = Endknöpfe; Vst = Verbindungsstück; Hst = Hauptstück; Est = Endstück; Af = Achsenfaden; H_I = innere Hülle; Sph = Spiralhülle; H_{II} = äußere Hülle; Ss = Schlußscheibe.

[Diese Tafel verdanke ich der Güte des Herrn Prof. Dr. Meves.]

Verlag von Curt Kabitzsch Leipzig.

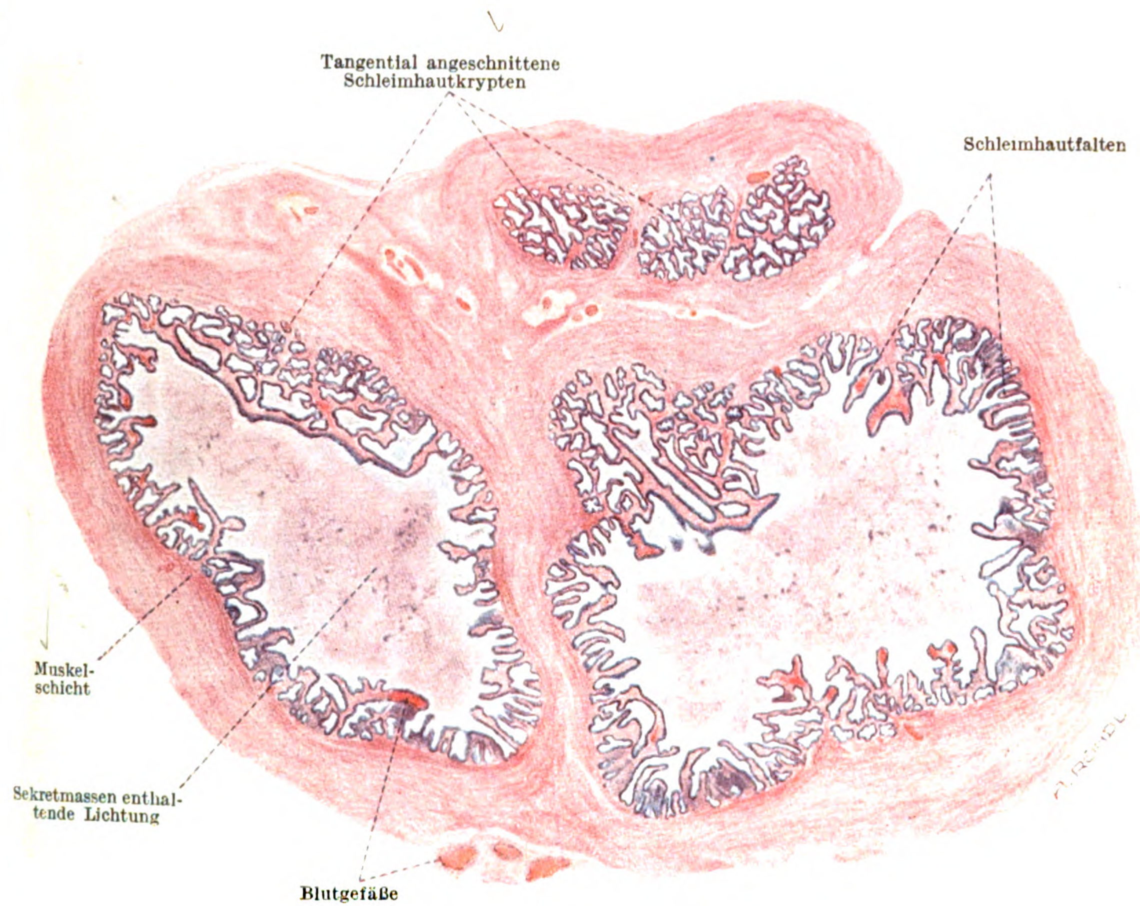


Fig. 250. Querschnitt durch die Samenblase des Menschen. Der Gang ist zweimal getroffen. Oben sieht man eine tangential angeschnittene Windung.

Ca. 20mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

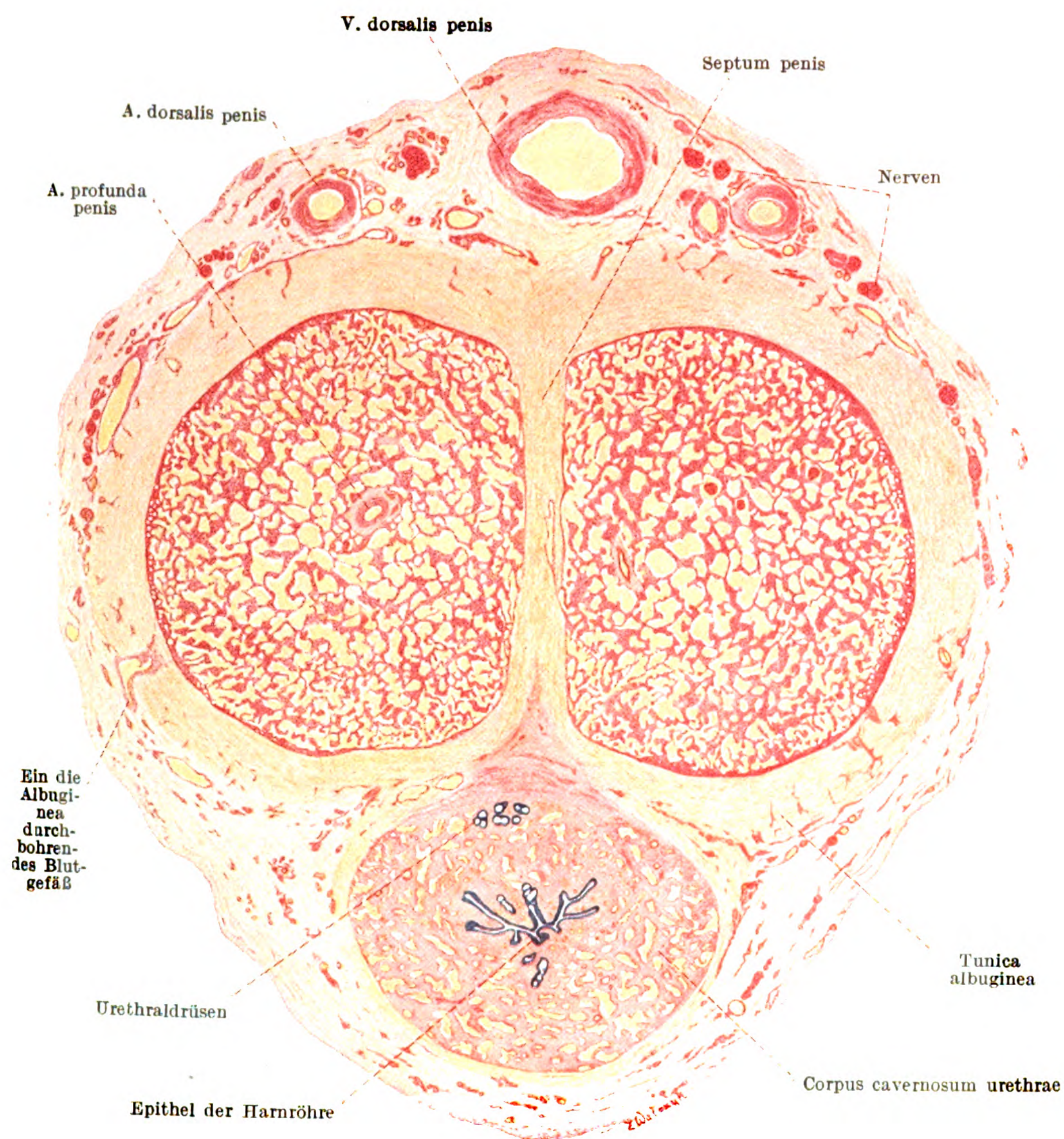


Fig. 251. Querschnitt durch den Penis des Menschen. Die den Penis bekleidende äußere Haut ist nicht gezeichnet.

Ca. 13mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

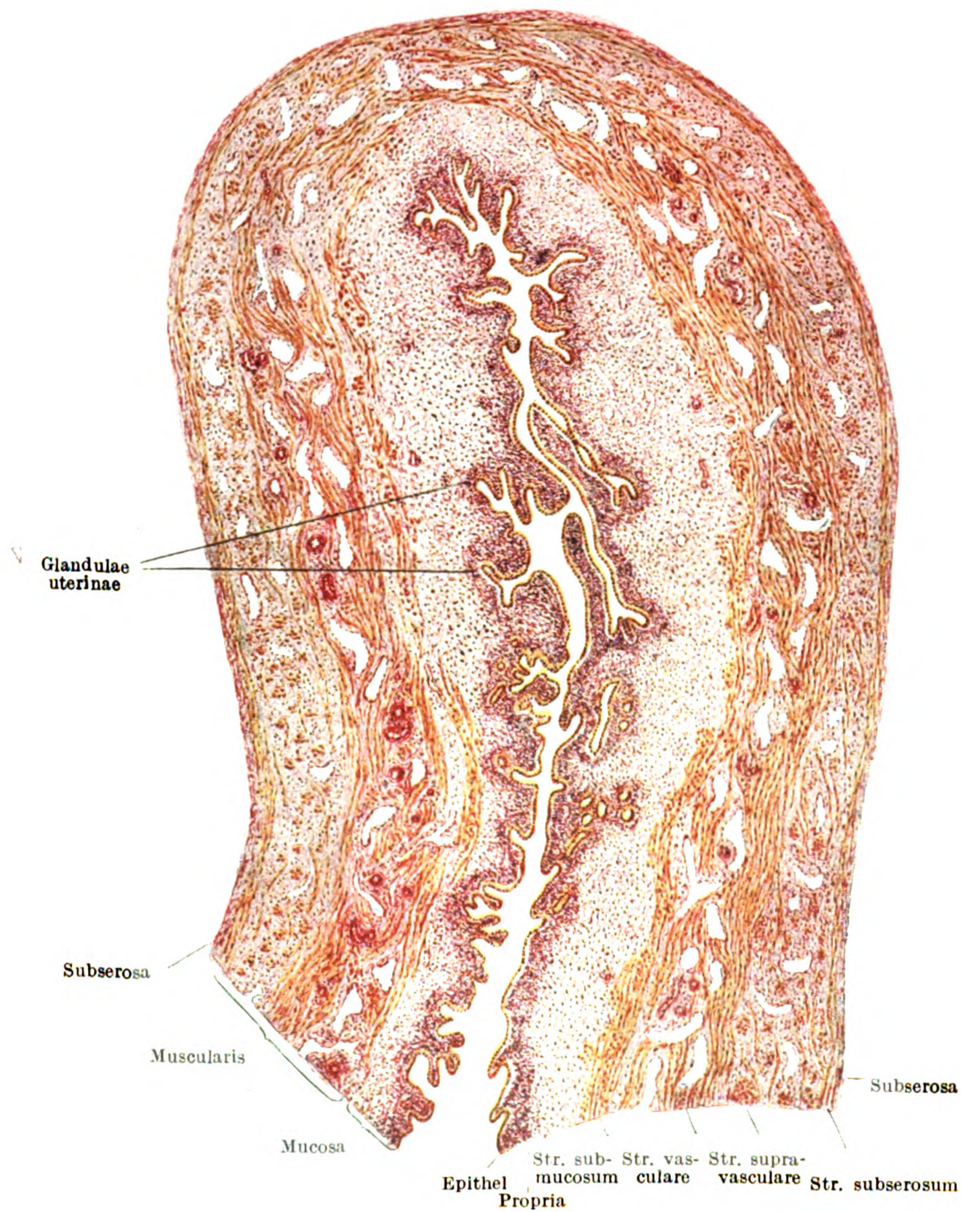


Fig. 265. Sagittaler Längsschnitt durch das Corpus uteri des neugeborenen Mädchens. Färbung mit Eisenhämatoxylin und Pikrofuchsin.

12mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

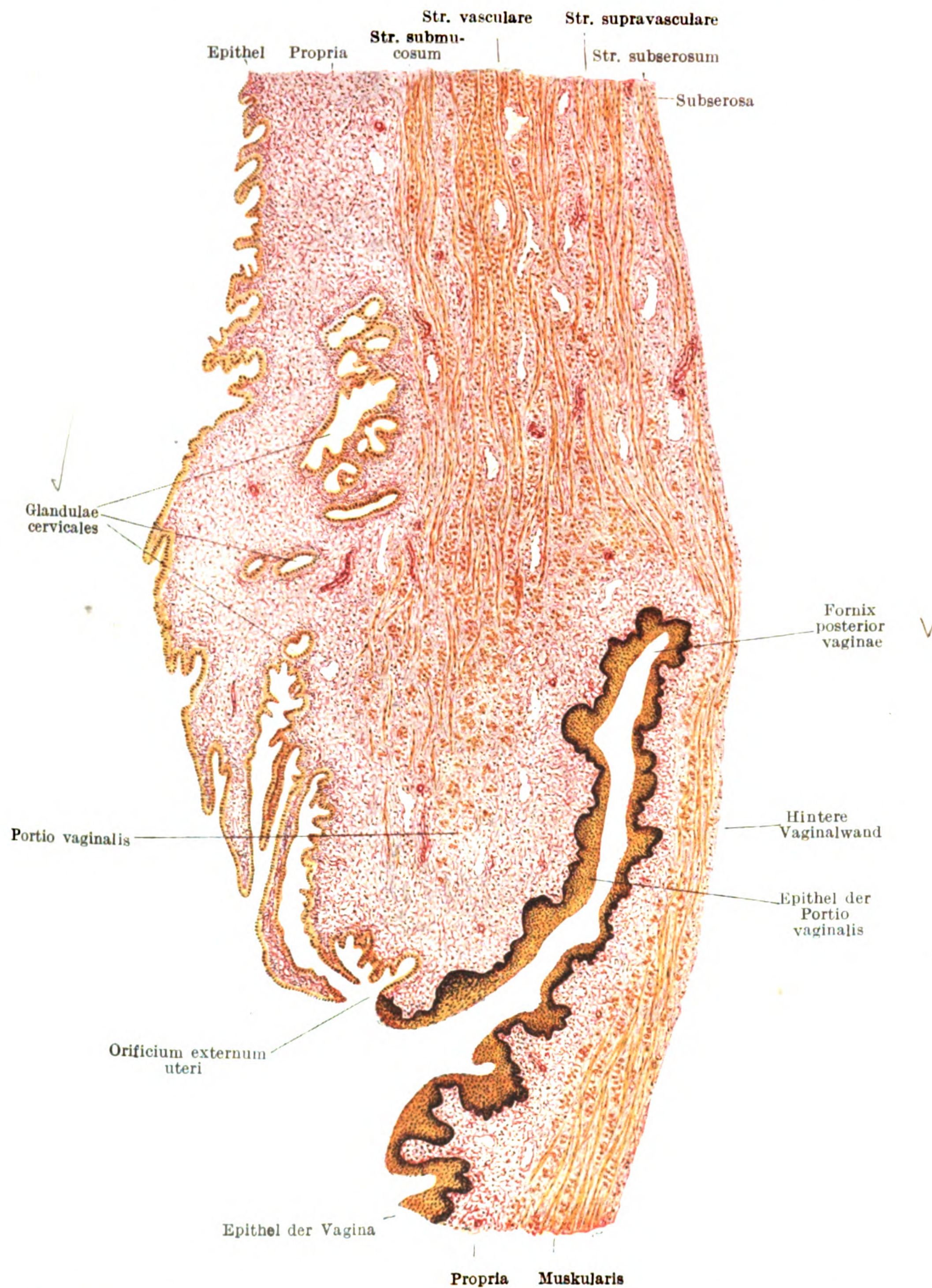


Fig. 266. Sagittaler Längsschnitt durch die Cervix uteri und die Vagina des neugeborenen Mädchens. Nur die hintere Hälfte des Schnittes ist dargestellt. Färbung mit Eisenhämatoxylin und Pikrofuchsin.

12mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

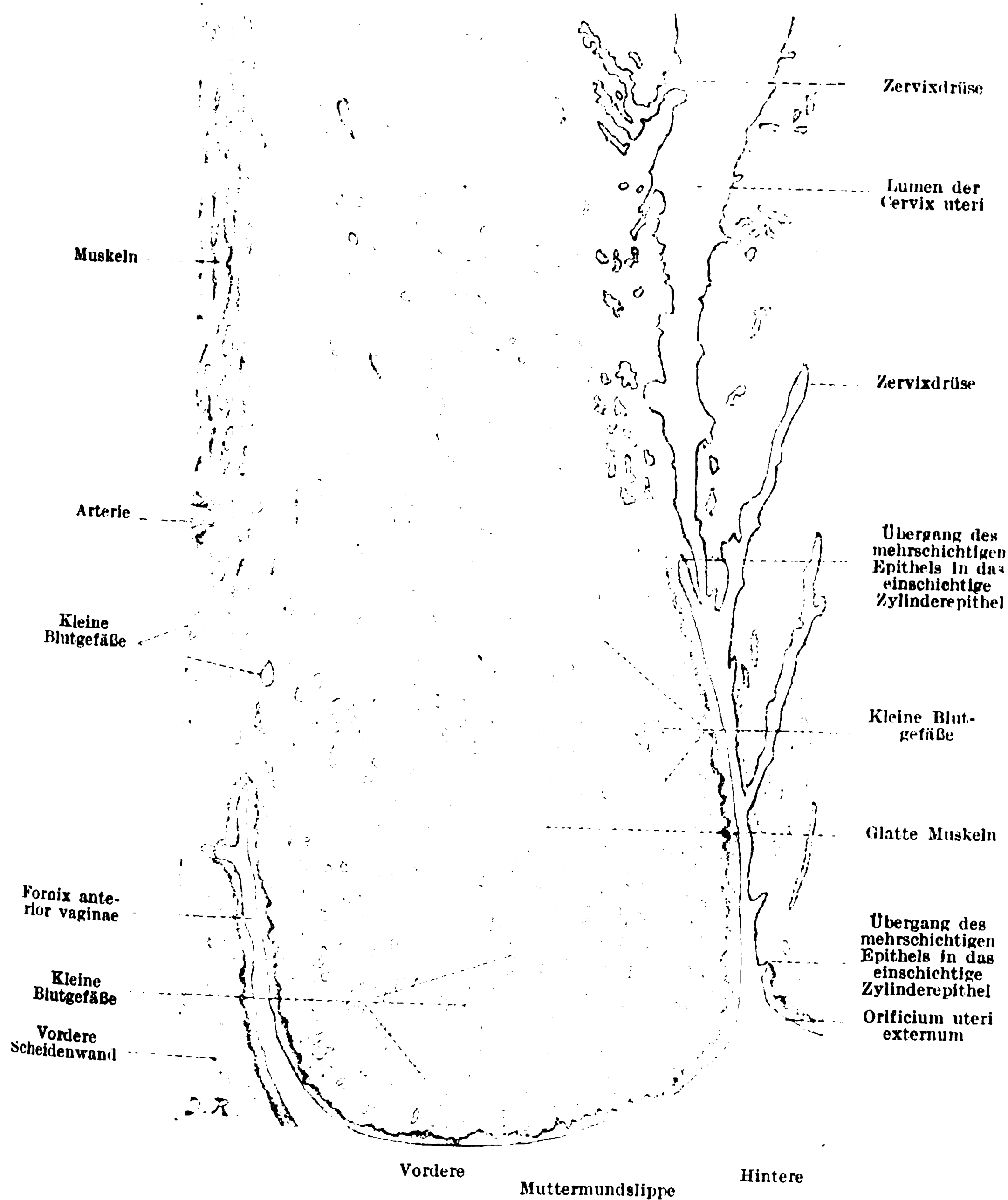


Fig. 269. Sagittalschnitt durch die Portio vaginalis uteri einer 28jährigen Frau (Nullipara).

Schwache Vergrößerung.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 280.

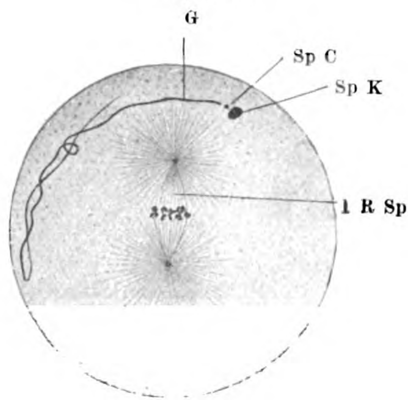


Fig. 281.

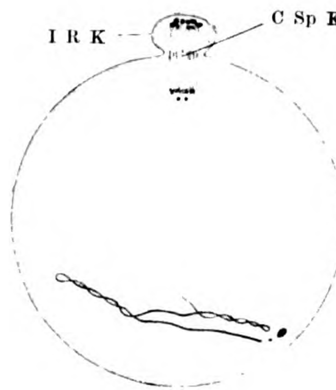


Fig. 282.

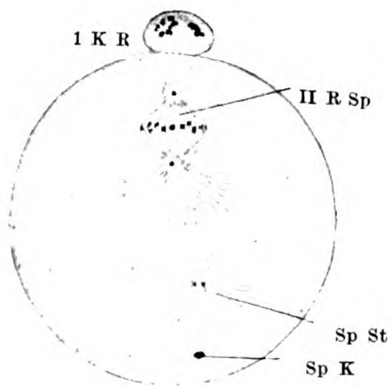


Fig. 283.

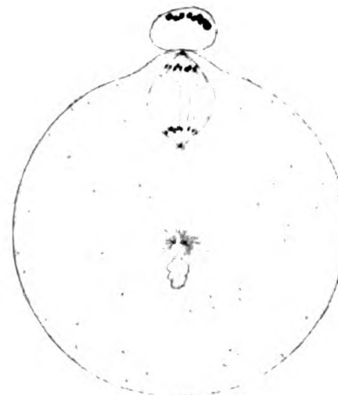


Fig. 280–283. Acht Stadien der Befruchtung bei Physa fontinalis.

Nach Kostanecki und Wierzejski.

Fig. 280. **Muttersternstadium in Metakinese übergehend zum Zwecke der Bildung des ersten Richtungskörpers. Der Samentaden ist in toto ins Ei eingedrungen.**

Fig. 281. Bildung des ersten Richtungskörpers. Die Zentralkörperchen am Eipol geteilt

Fig. 282. Erster Richtungskörper gebildet. Muttersternstadium zum Zwecke der Bildung des zweiten Richtungskörpers. Die Spermastrahlung entfernt sich vom Spermakern. Die Zentralkörperchen sind durch eine minimale Zentralspindel verbunden.

Fig. 283. Die Bildung des zweiten Richtungskörpers — Spermastrahlung mit zwei Zentralkörperchen dem bläschenförmigen Spermakern vorangehend.

Fig. 284.

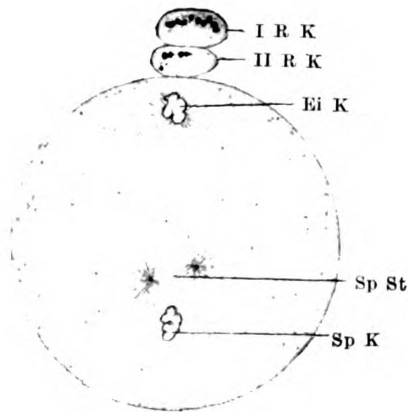


Fig. 285.

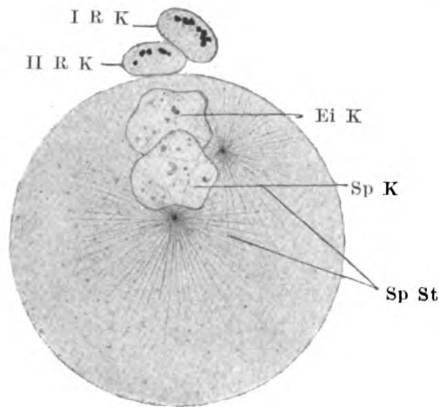


Fig. 286.

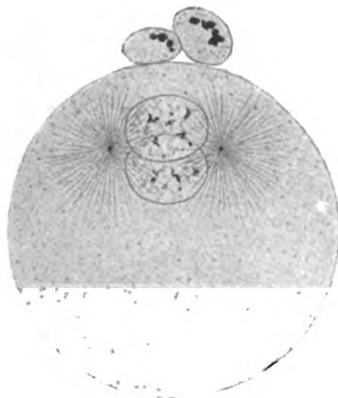


Fig. 287.

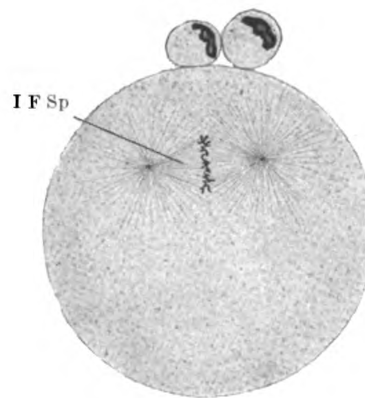


Fig. 284 bis 287.

Fig. 284. Oben zwei Richtungskörper, dann der bläschenförmig veränderte Eikern mit Resten der Eikernstrahlung. Die Spermastrahlung hat sich vergrößert.

Fig. 285. Eikern und Spermakern nähern sich einander. Die Spermastrahlung und die Zentralkörperchen entfernen sich voneinander.

Fig. 286. Eikern und Spermakern liegen dicht aneinander. Die Zentralkörperchen haben sich zu beiden Seiten gelagert.

Fig. 287. Die Chromosomen des Ei- und Spermakernes haben das Muttersternstadium gebildet, um den zwei ersten Furchungszellen den Ursprung zu geben.

Erläuterungen der Buchstaben.

C Sp K = Zentralspindelkörper
Ei K = Eikern.
I F Sp = erste Furchungsspindel.
G = Geißel des Samenfadens.
I R K = erstes Richtungskörperchen.
II R K = zweites Richtungskörperchen.
I R Sp = erste Richtungsspindel.
II R Sp = zweite Richtungsspindel.
Sp C = Spermazentralkörperchen.
Sp K = Spermakern.
Sp St = Spermastrahlung.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

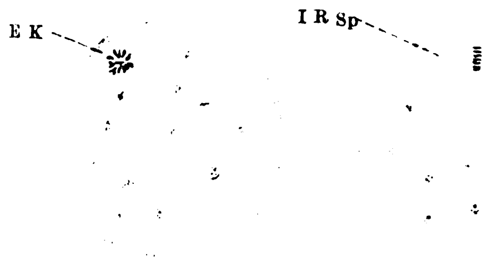


Fig. 288.

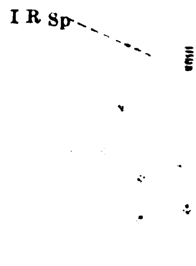


Fig. 289.

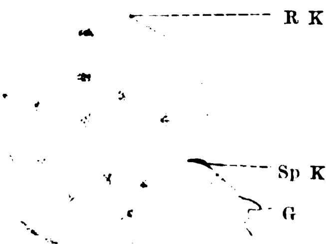


Fig. 290.



Fig. 291.

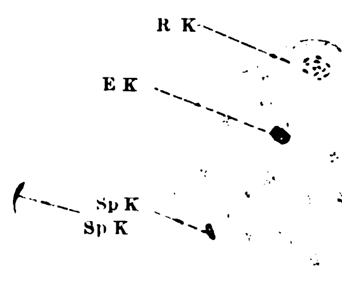


Fig. 292.

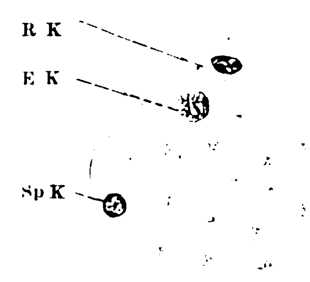


Fig. 293.

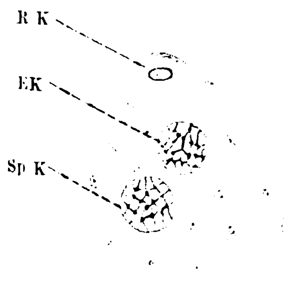


Fig. 294.

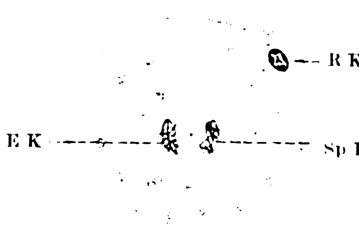


Fig. 295.

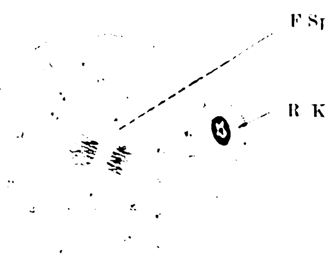


Fig. 296.

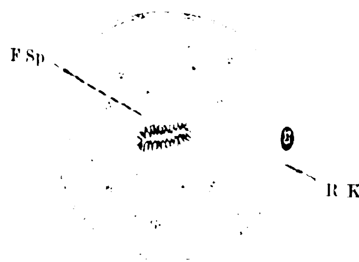


Fig. 297.

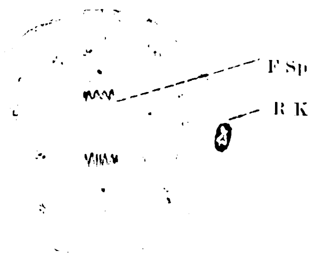


Fig. 298.

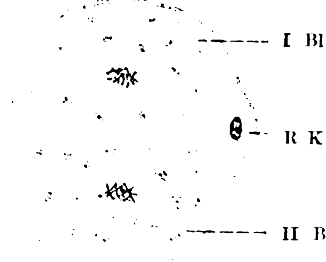


Fig. 299.

Fig. 288 bis 299.

Erläuterung siehe Seite 347.

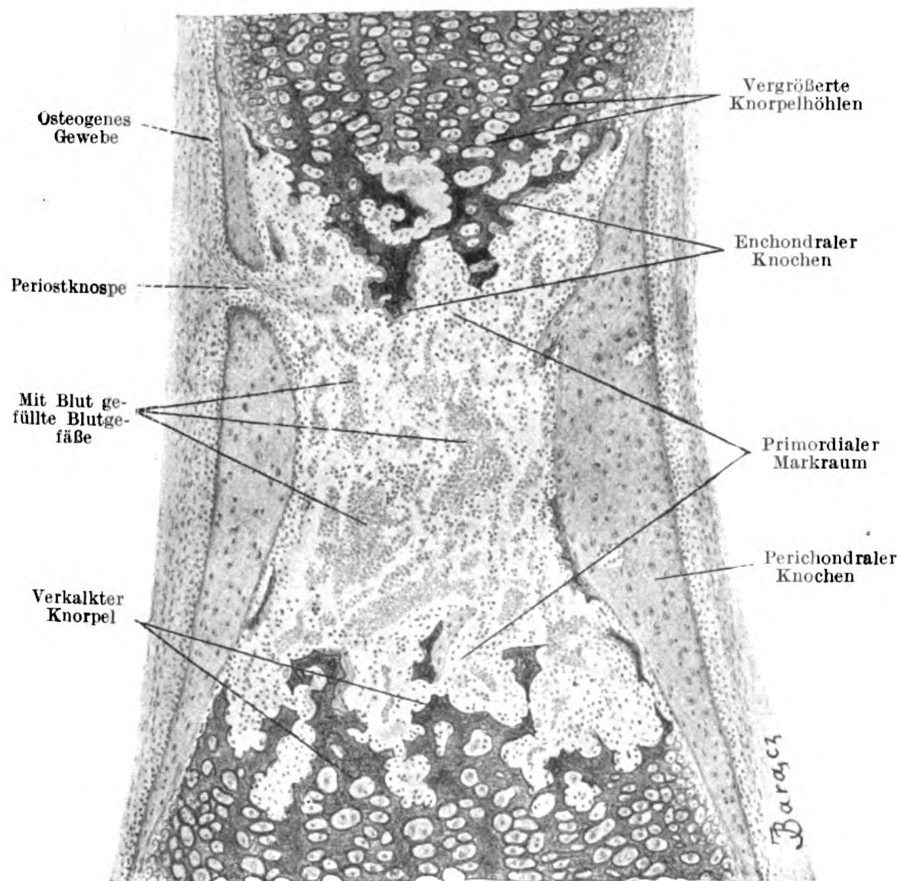


Fig. 302. Aus einem Längsschnitte durch den Finger eines viermonatlichen menschlichen Embryos.

Nur die Diaphyse der zweiten Phalanx gezeichnet. Ca. 85mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 303.

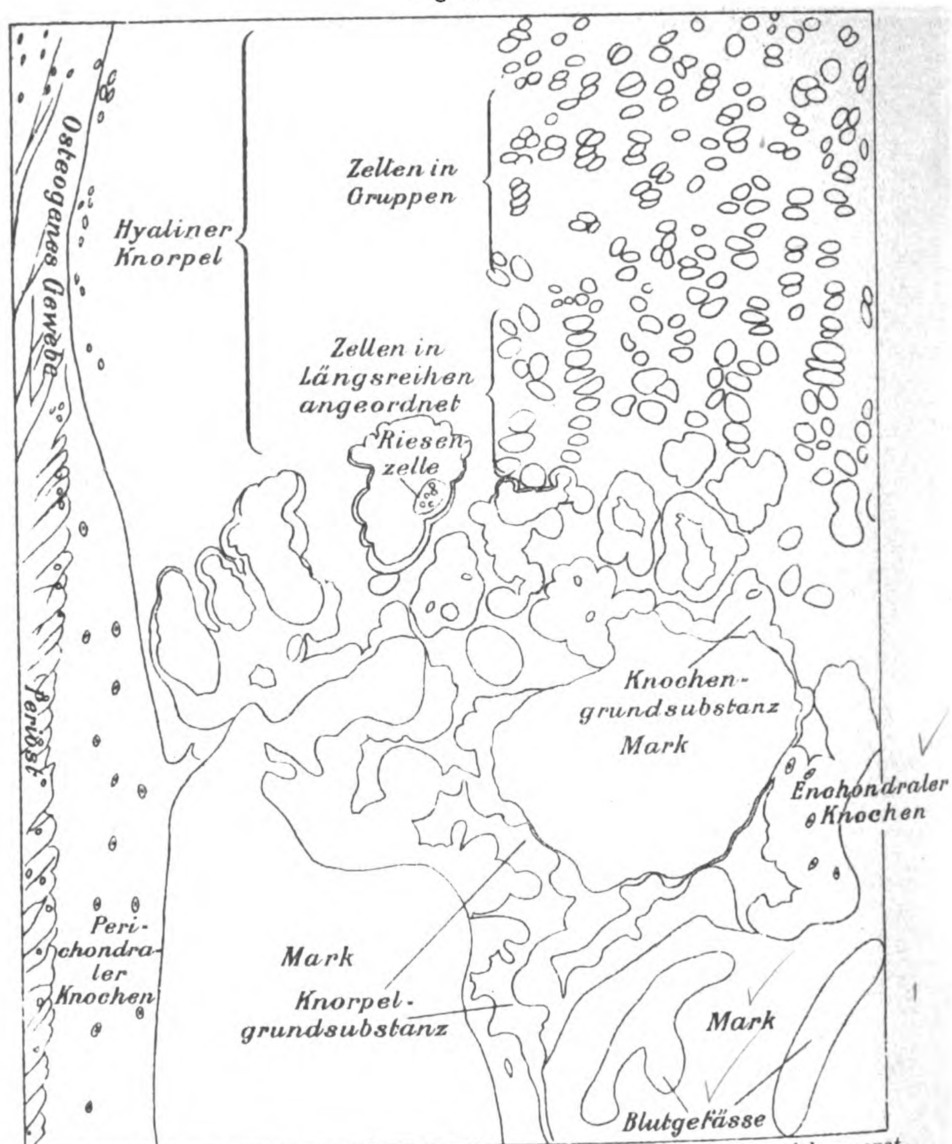


Fig. 303. Aus einem Längsschnitte durch die zweite Fingerphalanx eines siebenmonatlichen menschlichen Embryos. Gefärbt mit Hämatoxylin und Pikrokarmin. Ca. 130mal vergrößert.

Fig. 304.

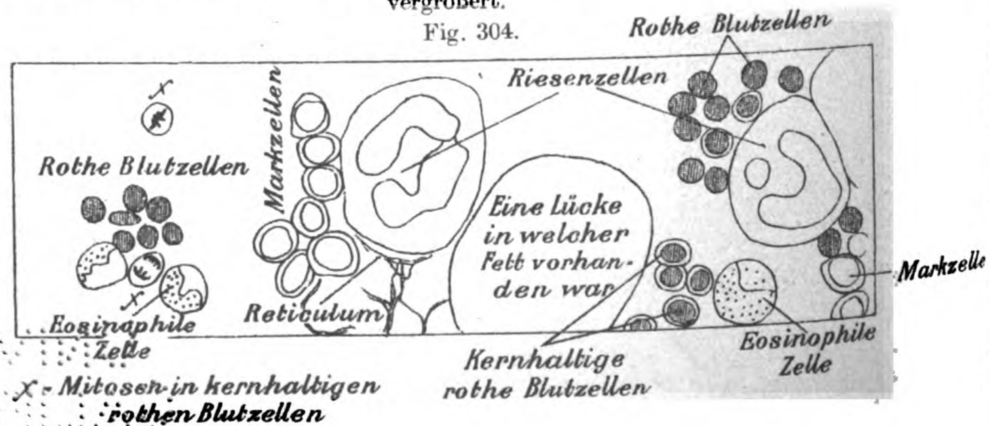


Fig. 304. Aus einem Schnitt durch das rote Knochenmark des Kaninchens. Biondische Färbung. Ca. 800mal vergrößert.

Fig. 303.

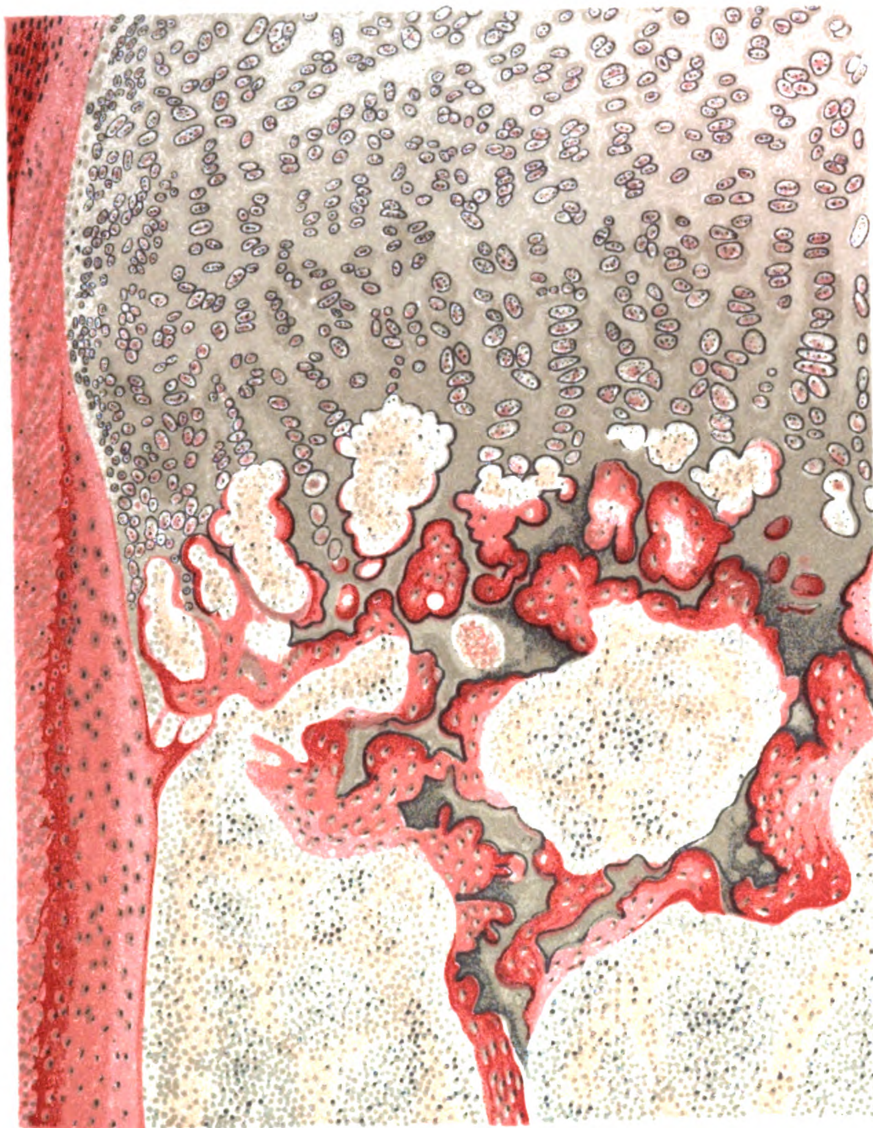


Fig. 304.



J. Barasz ad nat del.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

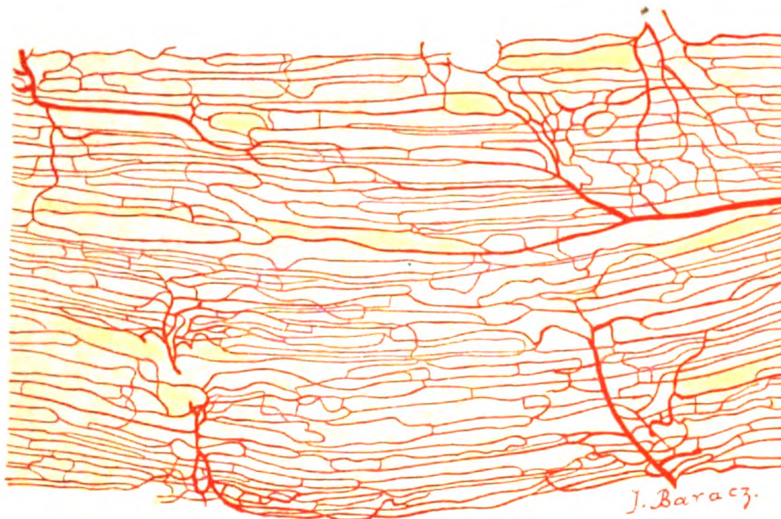


Fig. 308. Stück eines quergestreiften Muskels des Kaninchens.
Blutgefäße rot injiziert. Ca. 80mal vergrößert.

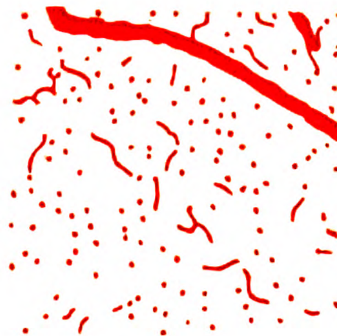


Fig. 309. Aus einem Querschnitte durch einen quergestreiften Muskel des Kaninchens.
Blutgefäße rot injiziert. Ca. 100mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

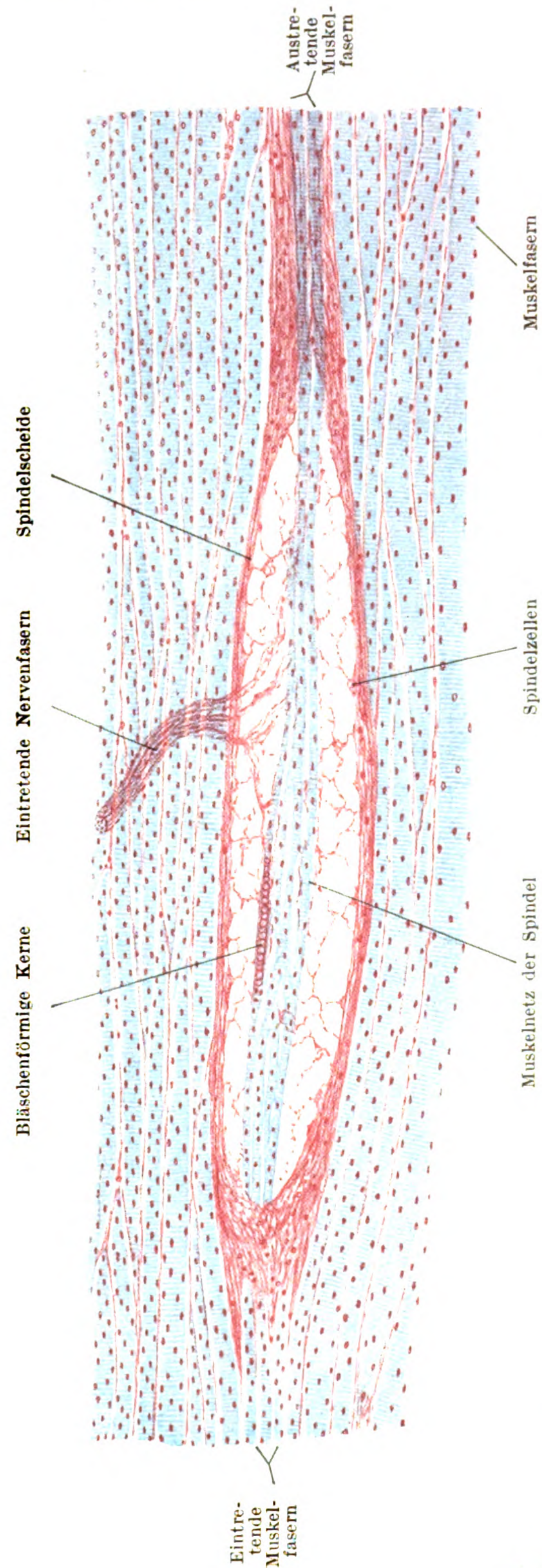


Fig. 310. Muskelspindel aus dem M. rectus oculi lateralis des Schafes. Gefrierschnitt gefärbt mit Kresylviolett.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 313.



Fig. 314.

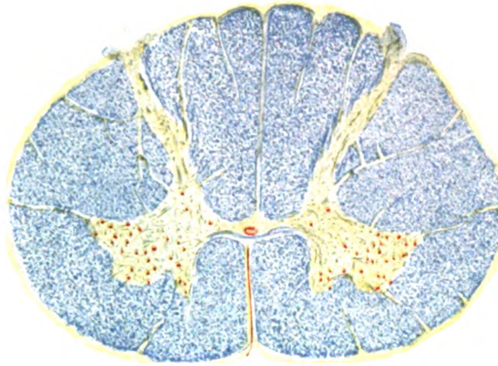


Fig. 315.

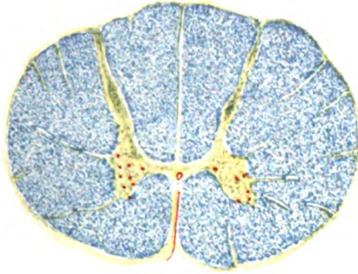


Fig. 316.

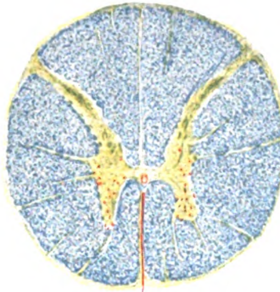


Fig. 317.

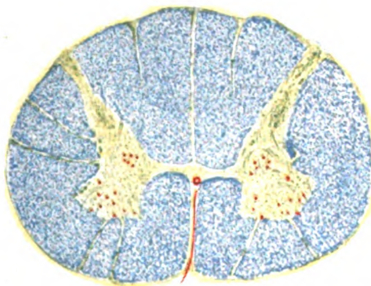


Fig. 318.

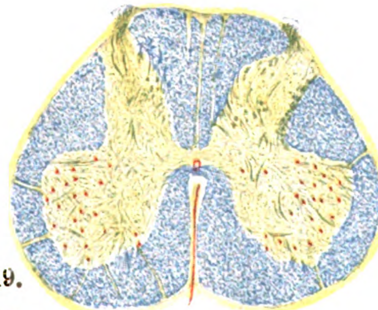


Fig. 319.

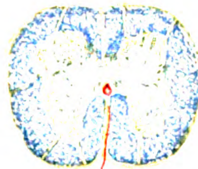


Fig. 313 bis 319. Schnitte durch das Rückenmark des Menschen.
Färbung nach der Weigertschen Methode.

Fig. 313. Höhe des I. Zervikalnerven. — Fig. 314. Höhe des IV. Zervikalnerven. — Fig. 315. Höhe des II. Thorakalnerven. — Fig. 316. Höhe des IV. Thorakalnerven. — Fig. 317. Höhe des II. Lumbalnerven. — Fig. 318. Höhe des IV. Lumbalnerven. — Fig. 319. Höhe des II. Sakralnerven.
Ca. 5mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

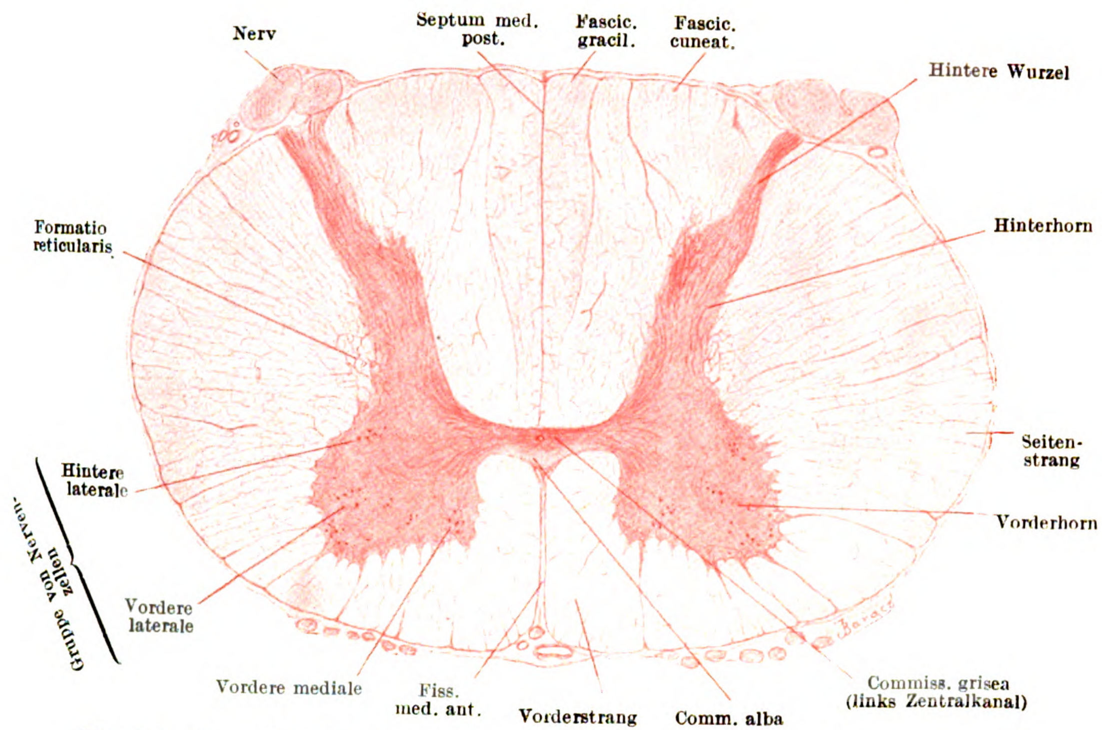


Fig. 320. Querschnitt durch das Halsmark des Menschen in der Höhe der sechsten spinalen Wurzel.

11mal vergrößert.



Fig. 321. Querschnitt durch das Dorsalmark des Menschen in der Höhe der elften spinalen Wurzel.

11mal vergrößert.

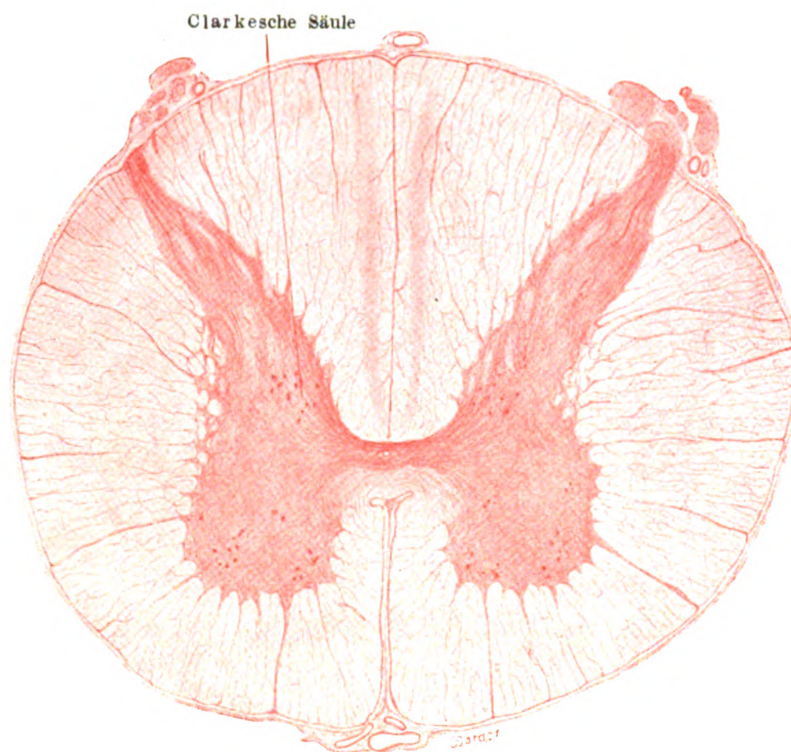
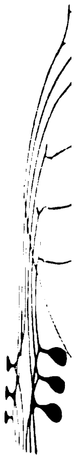


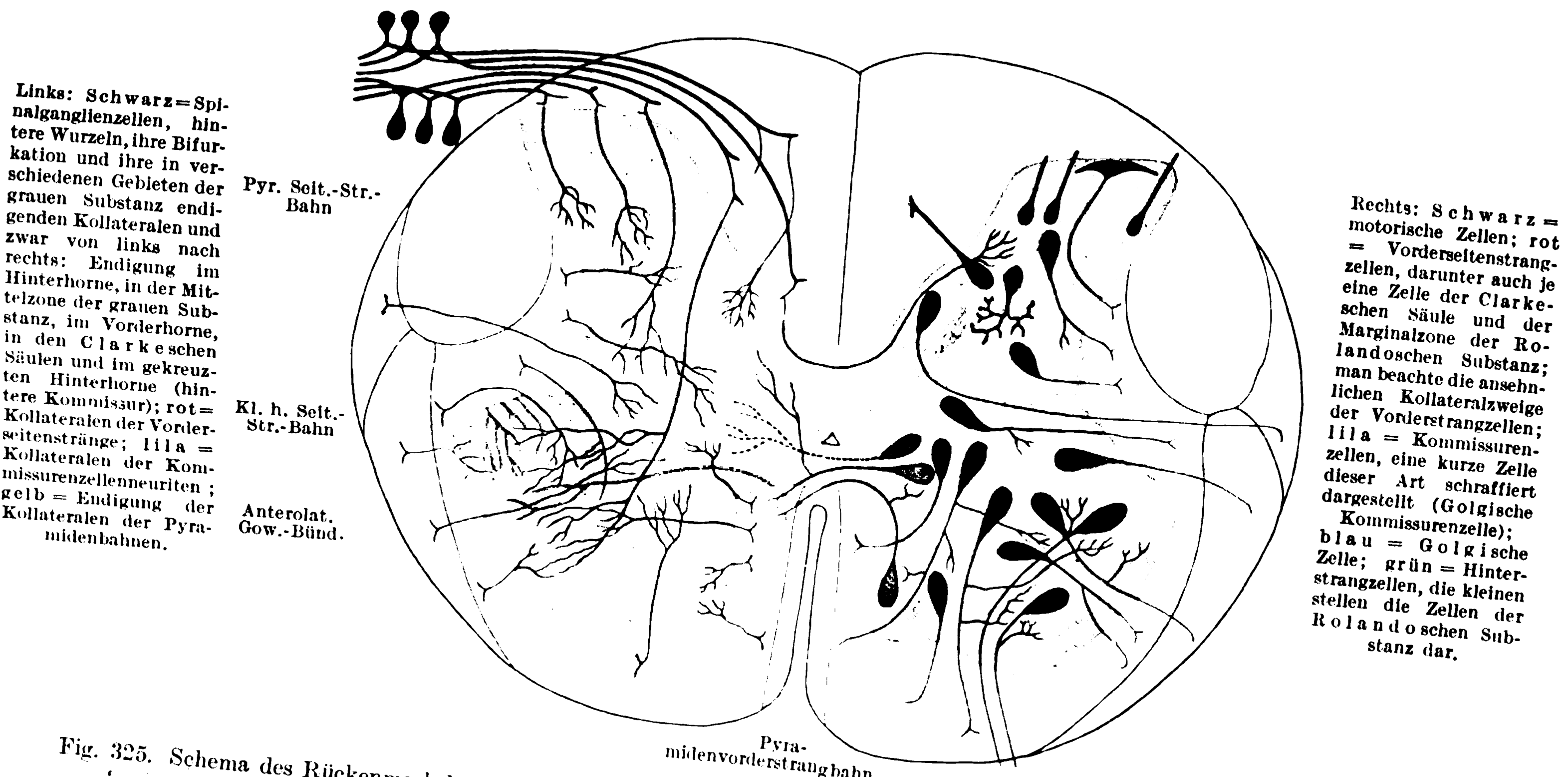
Fig. 322. Querschnitt durch das Lendenmark des Menschen in der Gegend der Lendenanschwellung.
11mal vergrößert.



Fig. 323. Querschnitt durch das Sakralmark des Menschen.
11mal vergrößert.



Links: Schwarz = Spinalganglienzellen, hintere Wurzeln, ihre Bifurkation und ihre in verschiedenen Gebieten der grauen Substanz endigenden Kollateralen und zwar von links nach rechts: Endigung im Hinterhorne, in der Mittelzone der grauen Substanz, im Vorderhorne, in den Clarkeschen Säulen und im gekreuzten Hinterhorne (hintere Kommissur); **rot** = Kollateralen der Vorderseitenstränge; **lila** = Kollateralen der Kommissurenzellenneuriten; **gelb** = Endigung der Kollateralen der Pyramidenbahnen.

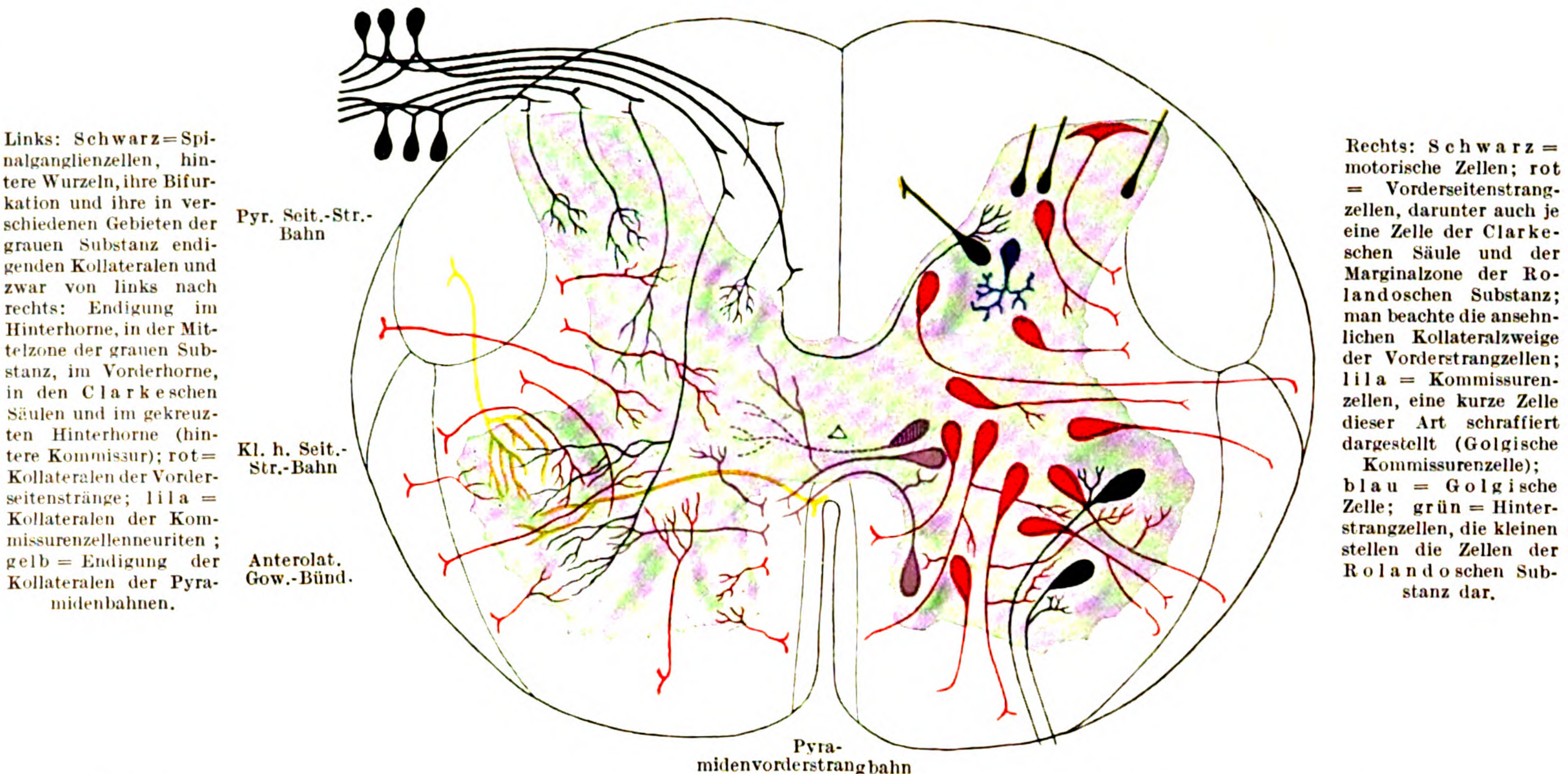


Rechts: Schwarz = motorische Zellen; **rot** = Vorderseitenstrangzellen, darunter auch je eine Zelle der Clarkeschen Säule und der Marginalzone der Rolandoschen Substanz; man beachte die ansehnlichen Kollateralzweige der Vorderstrangzellen; **lila** = Kommissurenzellen, eine kurze Zelle dieser Art schraffiert dargestellt (Golgische Kommissurenzelle); **blau** = Golgische Zelle; **grün** = Hinterstrangzellen, die kleinen stellen die Zellen der Rolandoschen Substanz dar.

Fig. 325. Schema des Rückenmarksbaues auf dem Querschnitt nach v. Lenhossék. Links Kollateralen, rechts Nervenzellen.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Links: Schwarz = Spinalganglienzellen, hintere Wurzeln, ihre Bifurkation und ihre in verschiedenen Gebieten der grauen Substanz endigenden Kollateralen und zwar von links nach rechts: Endigung im Hinterhorne, in der Mittelzone der grauen Substanz, im Vorderhorne, in den Clarkeschen Säulen und im gekreuzten Hinterhorne (hintere Kommissur); rot = Kollateralen der Vorderseitenstränge; lila = Kollateralen der Kommissurenzellenneuriten; gelb = Endigung der Kollateralen der Pyramidenbahnen.



Rechts: Schwarz = motorische Zellen; rot = Vorderseitenstrangzellen, darunter auch je eine Zelle der Clarkeschen Säule und der Marginalzone der Rolandoschen Substanz; man beachte die ansehnlichen Kollateralzweige der Vorderstrangzellen; lila = Kommissurenzellen, eine kurze Zelle dieser Art schraffiert dargestellt (Golgische Kommissurenzelle); blau = Golgische Zelle; grün = Hinterstrangzellen, die kleinen stellen die Zellen der Rolandoschen Substanz dar.

Fig. 325. Schema des Rückenmarksbaues auf dem Querschnitt nach v. Lenhossék. Links Kollateralen, rechts Nervenzellen.

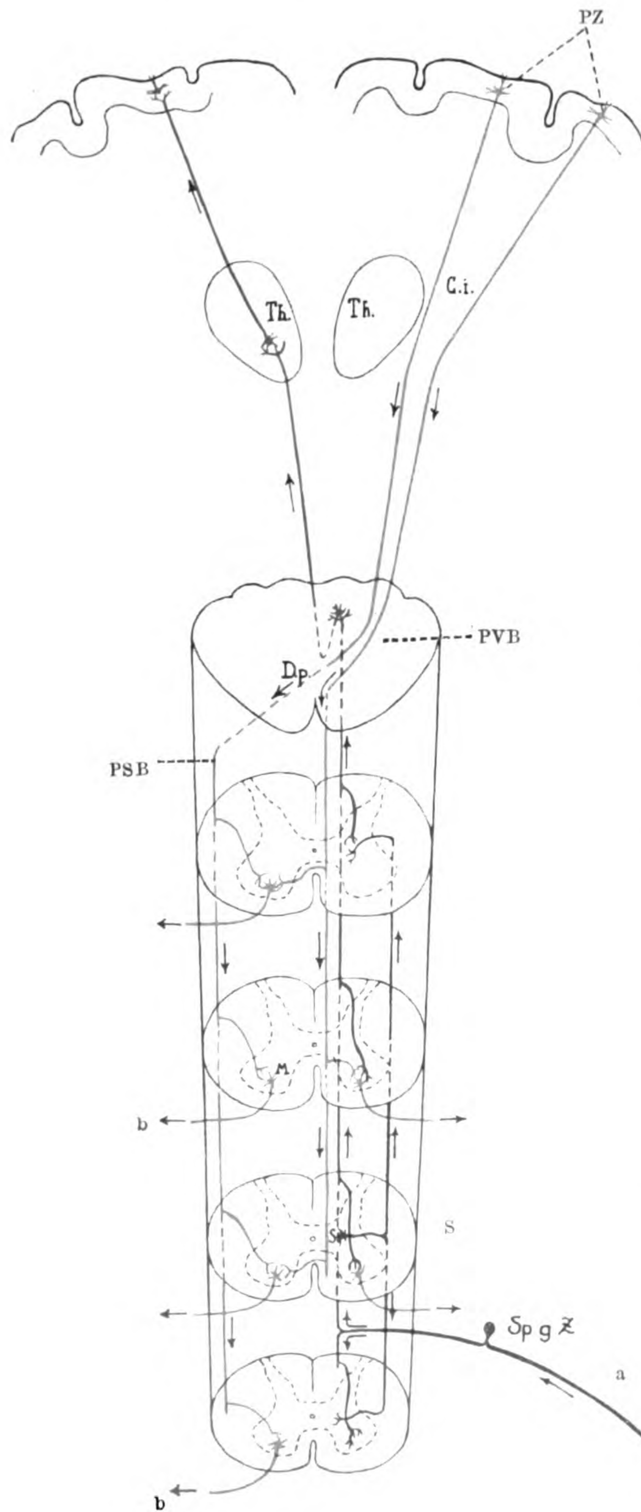


Fig. 326. Schema der Lage und Verästelung der Nervenzellen des Rückenmarkes und der Spinalganglien sowie des gegenseitigen Verhaltens der sensiblen und motorischen Neurone im Zentralnervensystem.

a = Dendrit d. sensiblen Neurons; b = Neurit d. motor. Neurons; M = motorische Vorderhornzelle; C. i. = Capsula interna; Dp. = Decussatio pyramidum; PSB. = Pyramidenseitenstrangbahn; PVB. = Pyramidenvorderstrangbahn; PZ = Pyramidenzellen in der Großhirnrinde; S = Strangzelle; SpgZ = Spinalganglienzelle; Th = Thalamus opticus; Blau = zentripetale (sensible) Bahnen; Rot = zentrifugale (motorische) Bahnen; Schwarz = kurze Bahnen. Die Leitungsrichtung ist durch Pfeile angezeigt.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 327.

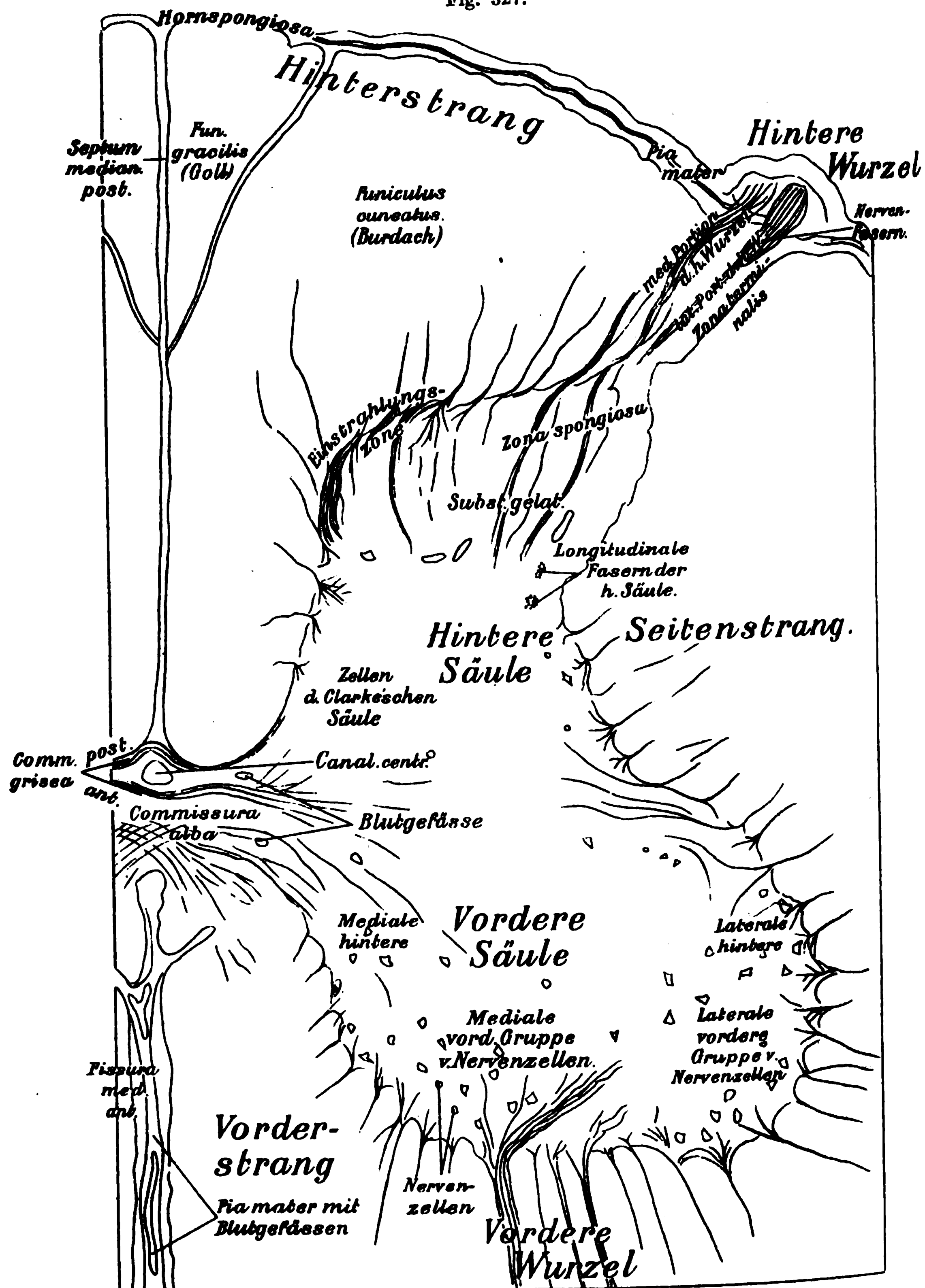
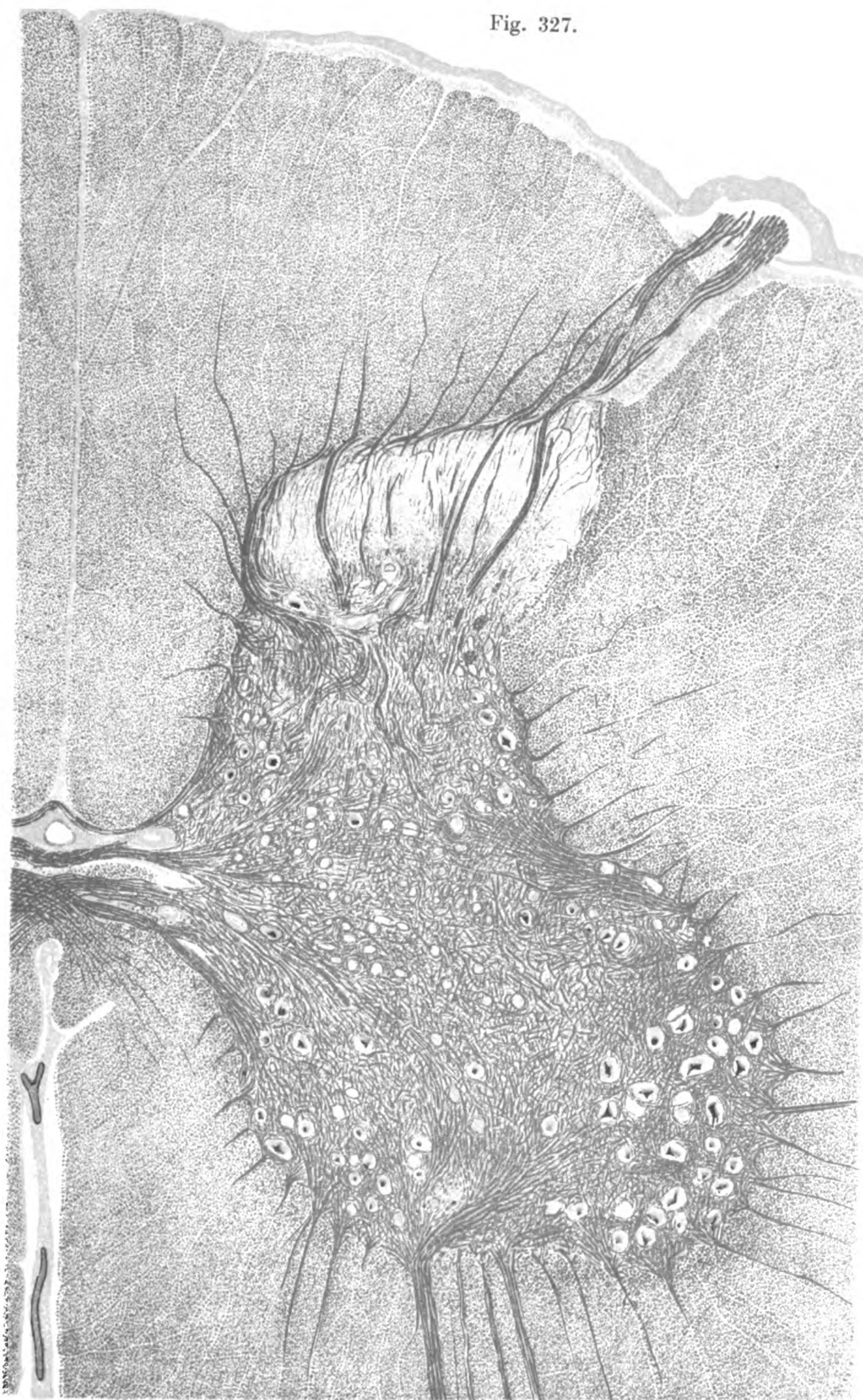


Fig. 327. Querschnitt durch das Halsrückenmark des Kalbes nach Weigert gefärbt. Es ist nur eine Hälfte der grauen mit den angrenzenden Partien der weißen Substanz dargestellt. 25mal vergrößert.

Fig. 327.



J. Barata Mf. Rat. del.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

Fig. 338.



Fig. 337.

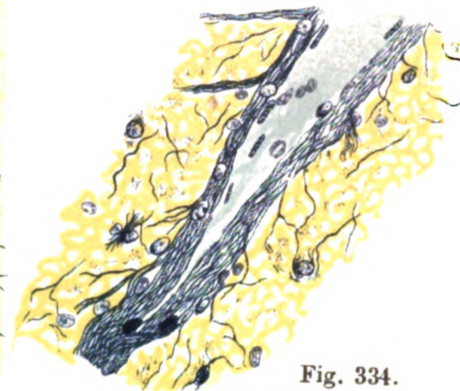


Fig. 333.

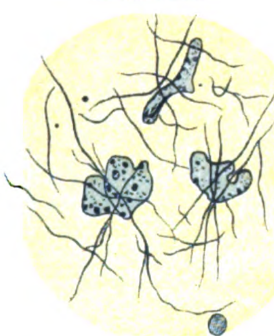


Fig. 332.

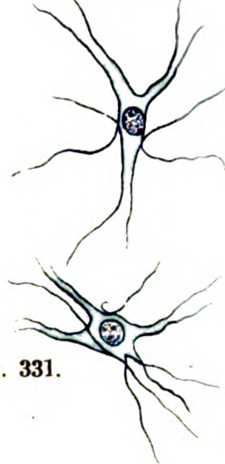


Fig. 331.

Fig. 334.



Fig. 335.

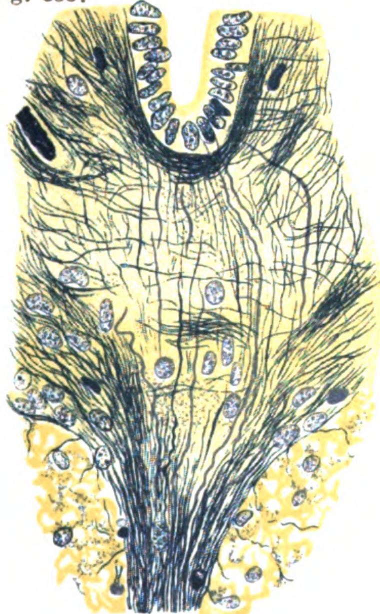


Fig. 336.



Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg

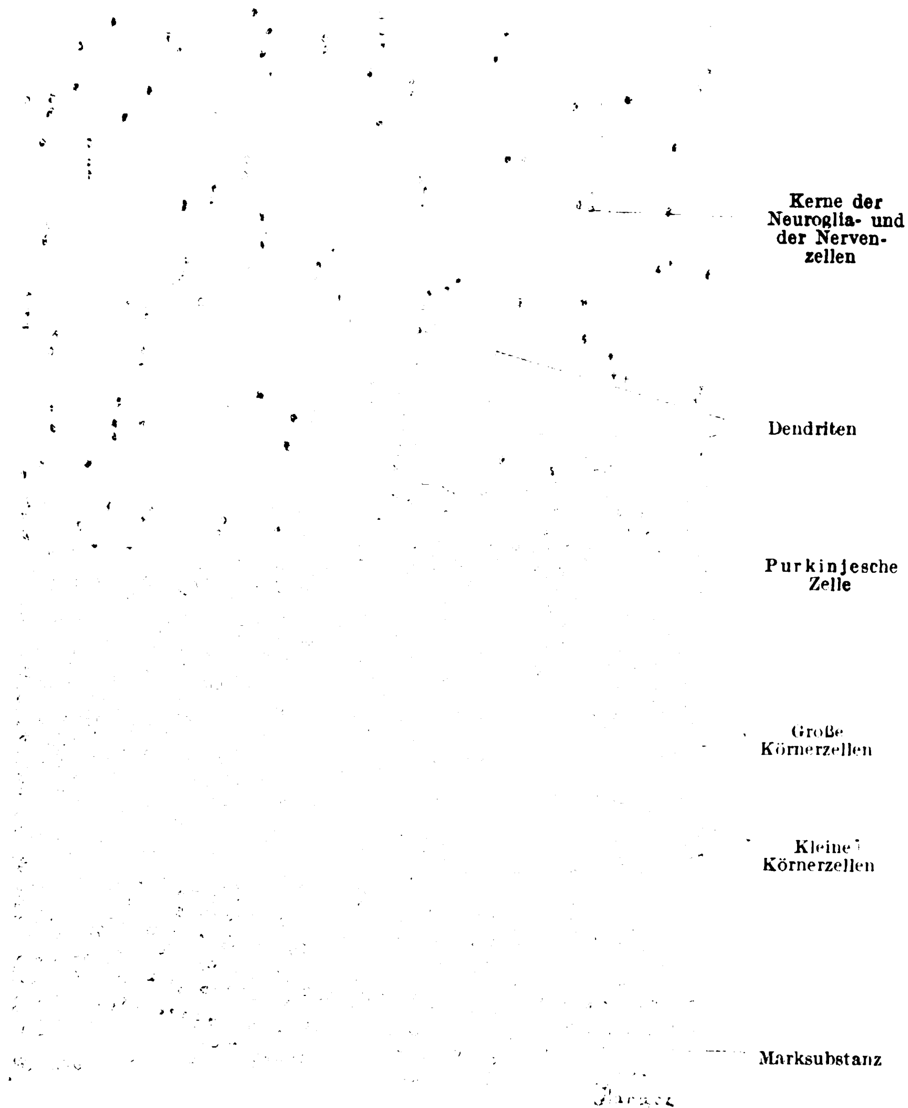


Fig. 339. Stück eines senkrechten Schnittes durch die Kleinhirnrinde des erwachsenen Menschen.

158mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

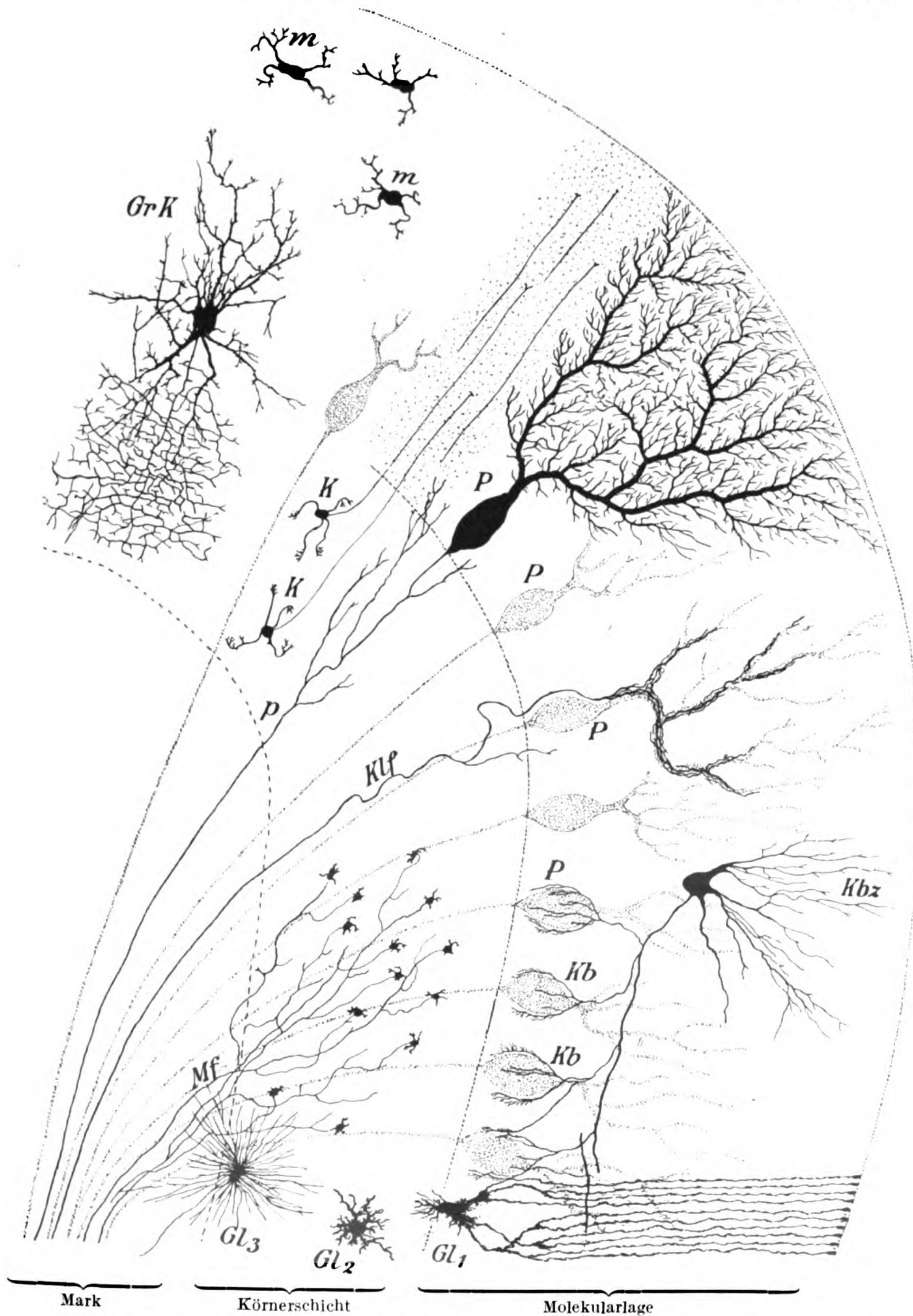


Fig. 340. Schema des Baues der Kleinhirnrinde, nach Golgischen Präparaten entworfen, größtenteils nach Koelliker.

P = Purkinjesche Zellen; p = nervöse Fortsätze der Purkinjeschen Zellen mit rücklaufenden Kollateralen; Klf = Kletterfasern; Kbz = Korbzellen; Kb = Körbe, welche die Purkinjeschen Zellenkörper (P) umfassen; K = Kleine Körnerzellen, deren nervöse Fortsätze in die Molekularlage eindringen und dort im Querschnitte als feine Punktierung erscheinen; GrK = große Körnerzellen; m = kleine Zellen der Molekularlage; Mf = Moosfasern; Gl_1 = Gliazellen der Molekularschicht; Gl_2 = Kurzstrahler; Gl_3 = Langstrahler.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.



Fig. 342. Stück eines senkrechten Schnittes durch die Großhirnrinde des Menschen.

Ca. 70mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

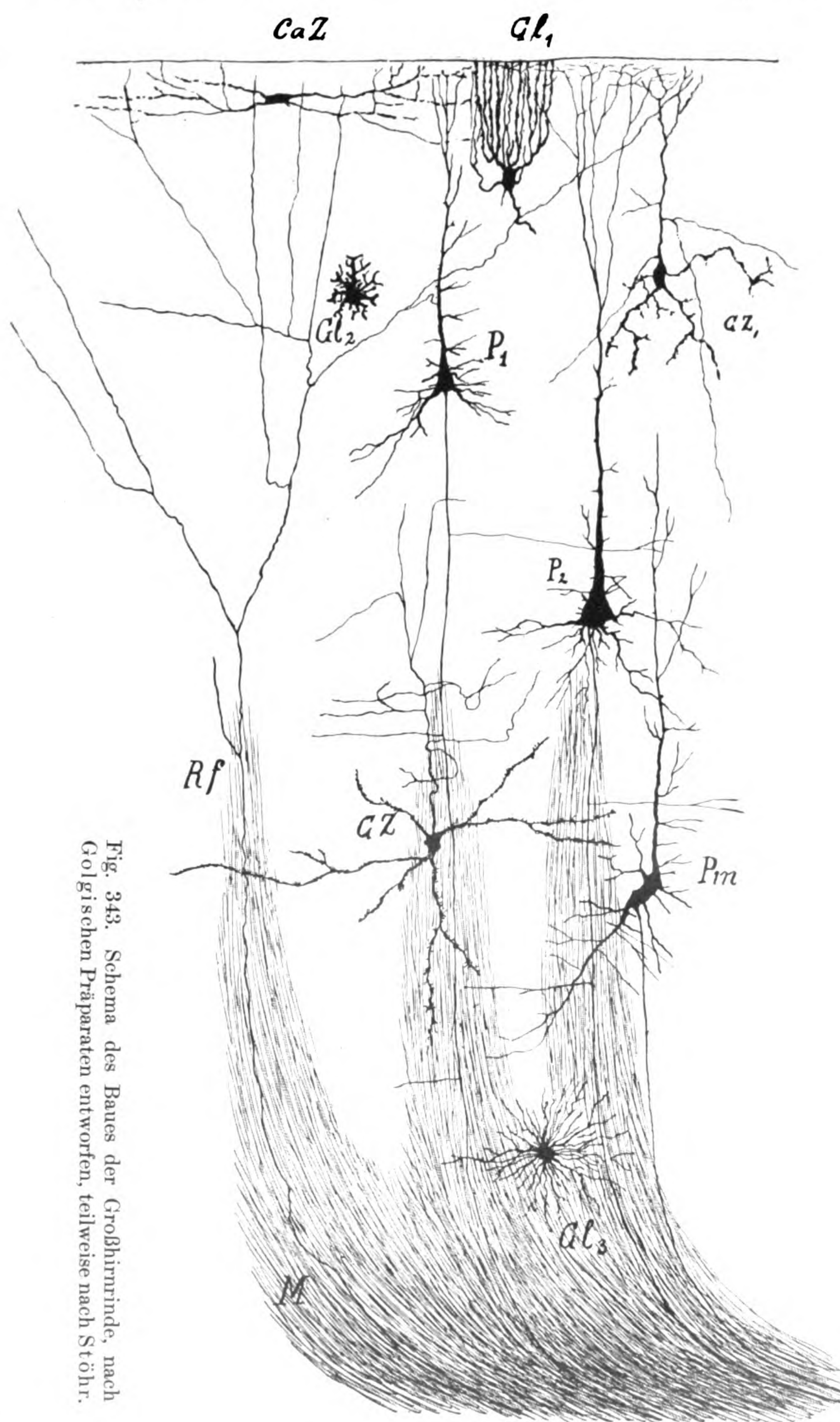


Fig. 343. Schema des Baues der Großhirnrinde, nach Golgischen Präparaten entworfen, teilweise nach Stöhr.

CaZ = Ramón y Cajalsche Zelle; GZ = Zellen vom II. Golgischen Typus; GZ_1 = Zellen vom II. Golgischen Typus; P_1 = kleine Pyramidenzelle; P_2 = große Pyramidenzelle; Pm = polymorphe Zelle; Rf = Ramónsche Faser; Gl_1 = Gliazelle der oberflächlichen Gliaschicht (Retziussche Zelle; Gl_2 = Kurzstrahler; Gl_3 = Langstrahler; M = Mark.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

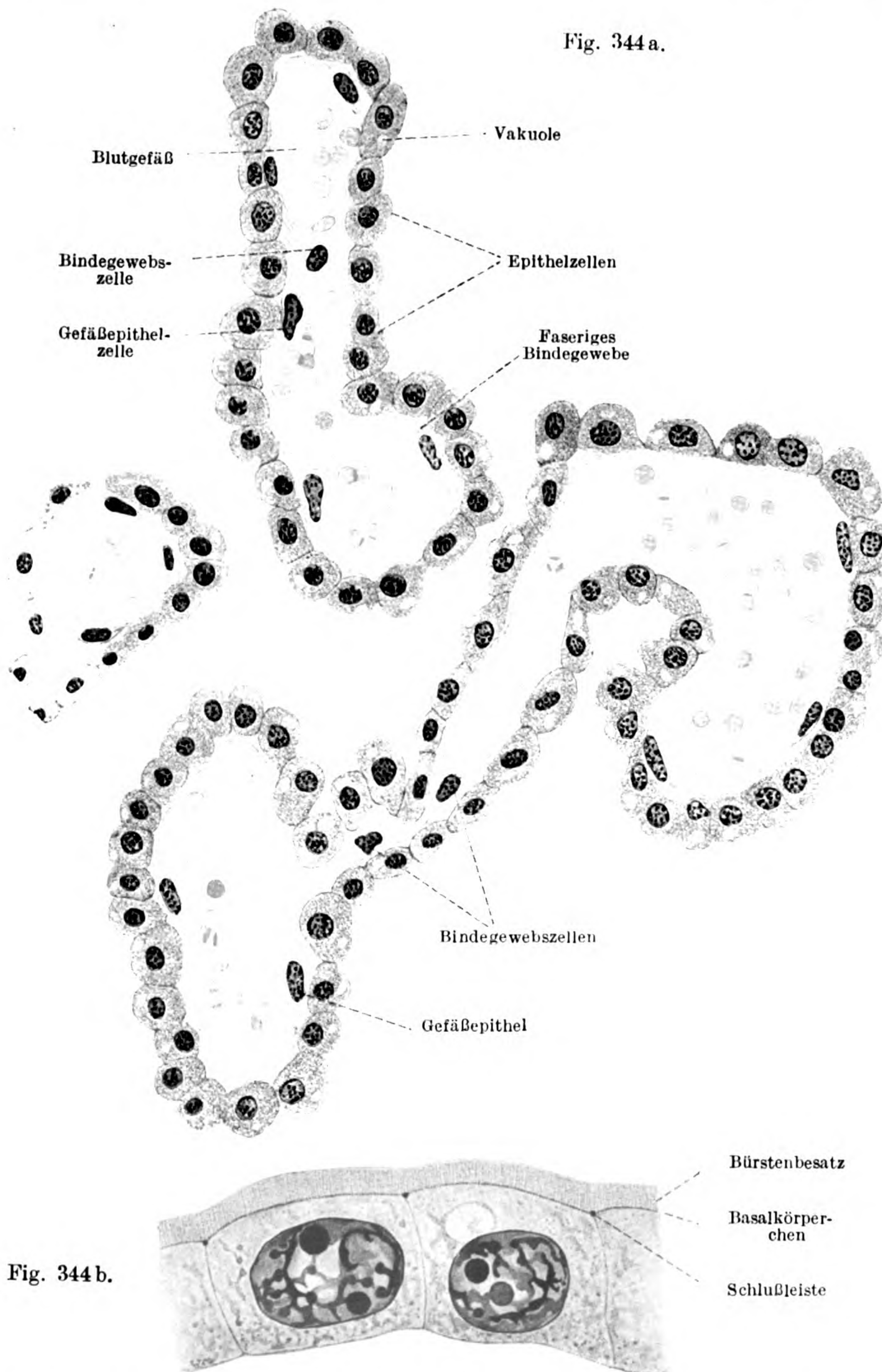


Fig. 344a. Zotten des Plexus chorioideus eines 22jährigen Hingerichteten $1^1/_2$ Stunden nach dem Tode. Der Bürstenbesatz ist nicht mehr zu sehen. Sublimat-Eisessig, Hämatoxylin-Eosin. Mittlere Vergr.

Fig. 344b. Zwei Epithelzellen aus dem Plexus chorioideus der Seitenventrikel des Hundes. In der rechten Zelle ist eine Vakuole zu sehen. Carnoysche Flüssigkeit, Eisenhämatoxylin. Starke Vergrößerung.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

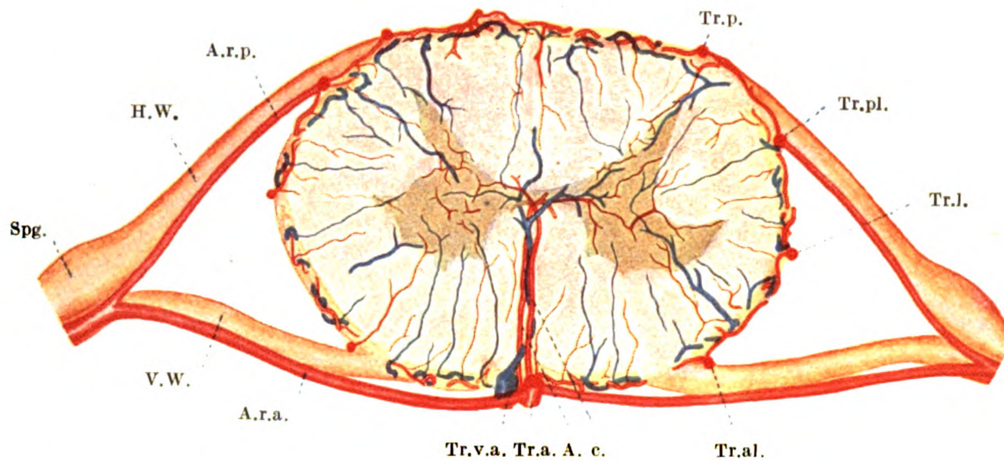


Fig. 345. Halbschematischer Querschnitt des Rückenmarkes mit Nervenwurzeln und den an letzteren verlaufenden Wurzelarterien (Aa. radicales), entworfen unter Zugrundelegung der Figuren der Kadyischen Abhandlung. An der Peripherie des Rückenmarkes sind Querschnitte der arteriellen Ketten (Tractus arteriosi) im Netz der Pia sichtbar.

H.W. = Hintere Wurzel.
V.W. = Vordere Wurzel.
Spg. = Spinalganglion.
A.r.a. = Aa. radiales anteriores.
A.r.p. = Aa. radicales posteriores.
Tr.a. = Tractus arteriosus anterior.
A.c. = Aa. centrales.
Tr.al. = Tractus arteriosi antero-laterales.
Tr.l. = Tractus arteriosi laterales.
Tr.pl. = Tractus arteriosi postero-laterales.
Tr.p. = Tractus arteriosi posteriores.
Tr.v.a. = Tractus venosus anterior.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.



Fig. 346. Linke Hälfte eines Rückenmarkquerschnittes in der Nähe des XI. Brustnervenpaares. Die Arterien und Kapillaren sind rot, die Venen blau. Dichtere Kapillarnetze entsprechen der grauen Substanz; die dichtesten Netze erscheinen in den Vorderhörnern und in der Clarkeschen Säule der hinteren Hörner.

(Nach Kadyi.)

Ca. 10mal vergrößert.



Fig. 347. Die Gefäße des Rückenmarkes (Vorderstrang unmittelbar neben der vorderen Längsfurche) auf einem Längsschnitt. Die dicke Arterie am rechten Rande der Figur und die neben ihr verlaufenden zwei Venen mit Querast liegen in der weichen Hirnhaut (Pia mater). Alle anderen dünneren Gefäße gehören der oberflächlichen Schicht der weißen Rückenmarksubstanz an und bilden Kapillarnetze, welche die Verbindung zwischen Arterien (rot) und Venen (blau) vermitteln.

(Nach Kadyi.)

Ca. 34mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.



Fig. 348. Längsschnitt durch den Vorderstrang (links — loses Netz) und die angrenzende Partie des vorderen Hornes der grauen Substanz (rechts — dichtes Netz). Am linken Rande der Figur sind Gefäße der weichen Hirnhaut zu sehen.

(Nach Kadyi.)

Ca. 40mal vergrößert.



Fig. 349. Schnitt durch die Großhirnrinde des Kaninchens.

Die Blutgefäße sind rot injiziert. 40mal vergrößert.



Fig. 350. Schnitt durch die Kleinhirnrinde des Meerschweinchens.

Die Blutgefäße sind rot injiziert. 44mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

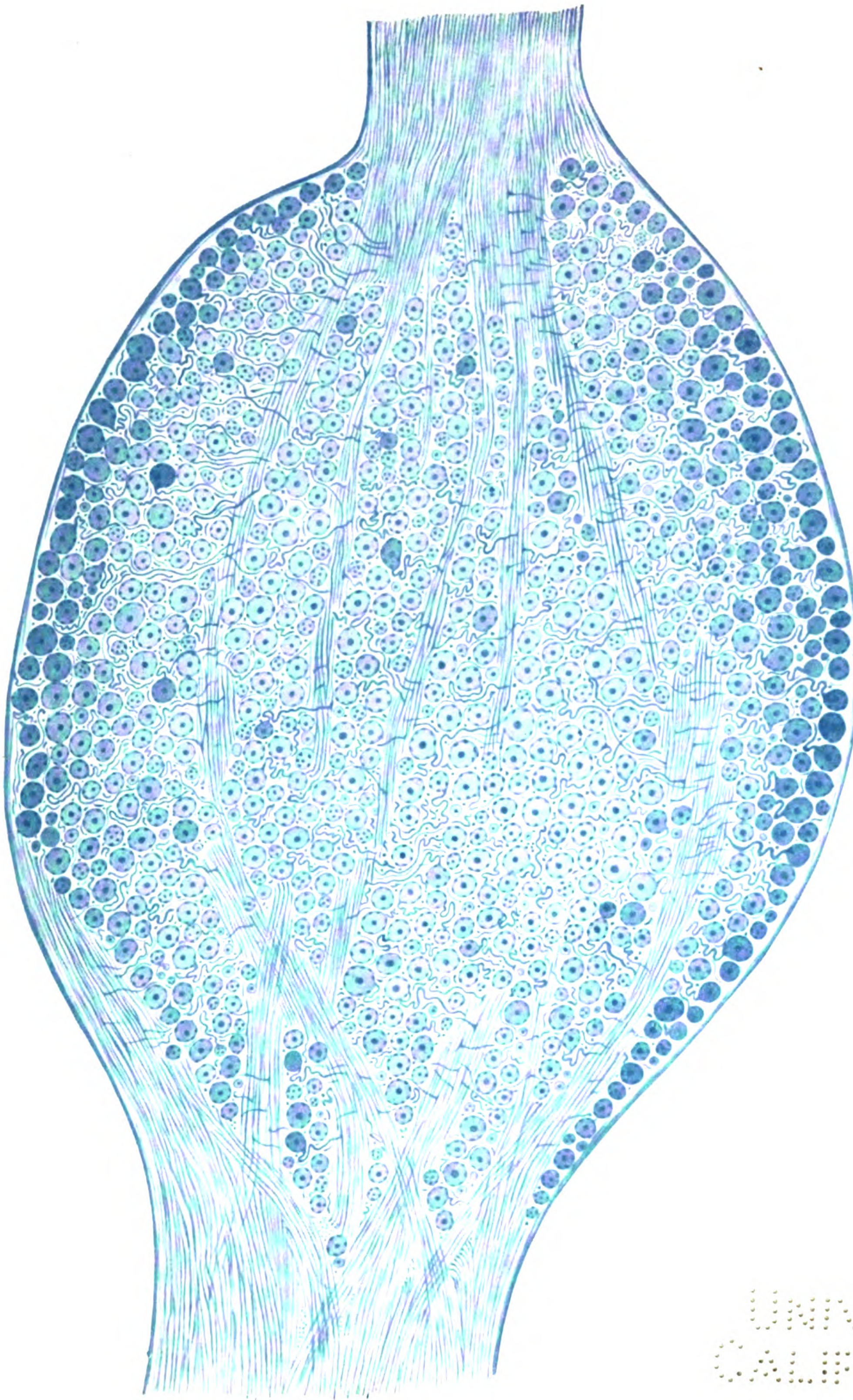


Fig. 352. Spinalganglion der Katze. Vitale Methylenblaufärbung.
Ca. 70mal vergrößert.

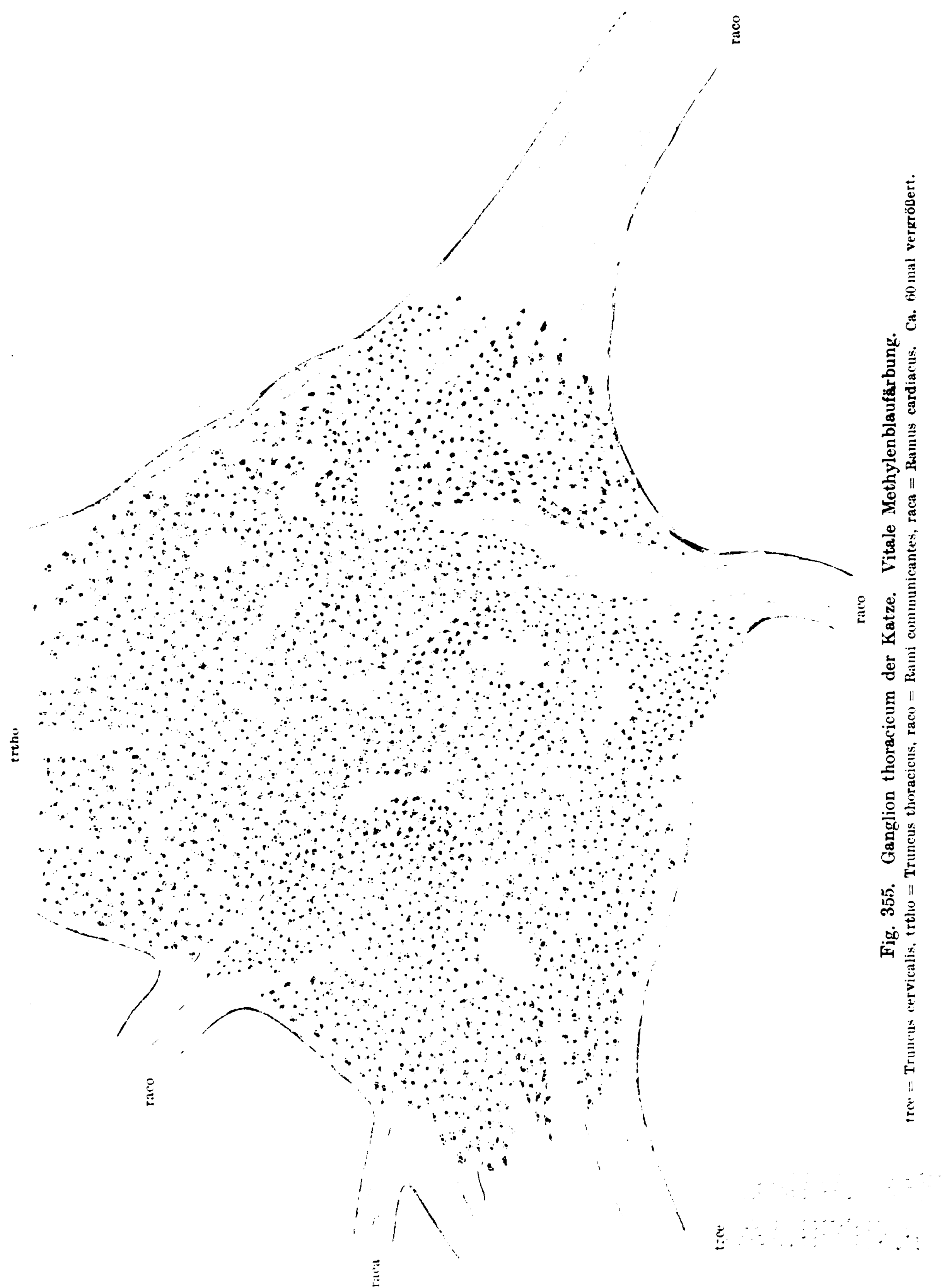


Fig. 355. Ganglion thoracicum der Katze. Vitale Methylenblaufärbung.
trce = Truncus cervicalis, trtho = Truncus thoracicus, raco = Rami communicantes, raca = Ramus cardiacus. Ca. 60 mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

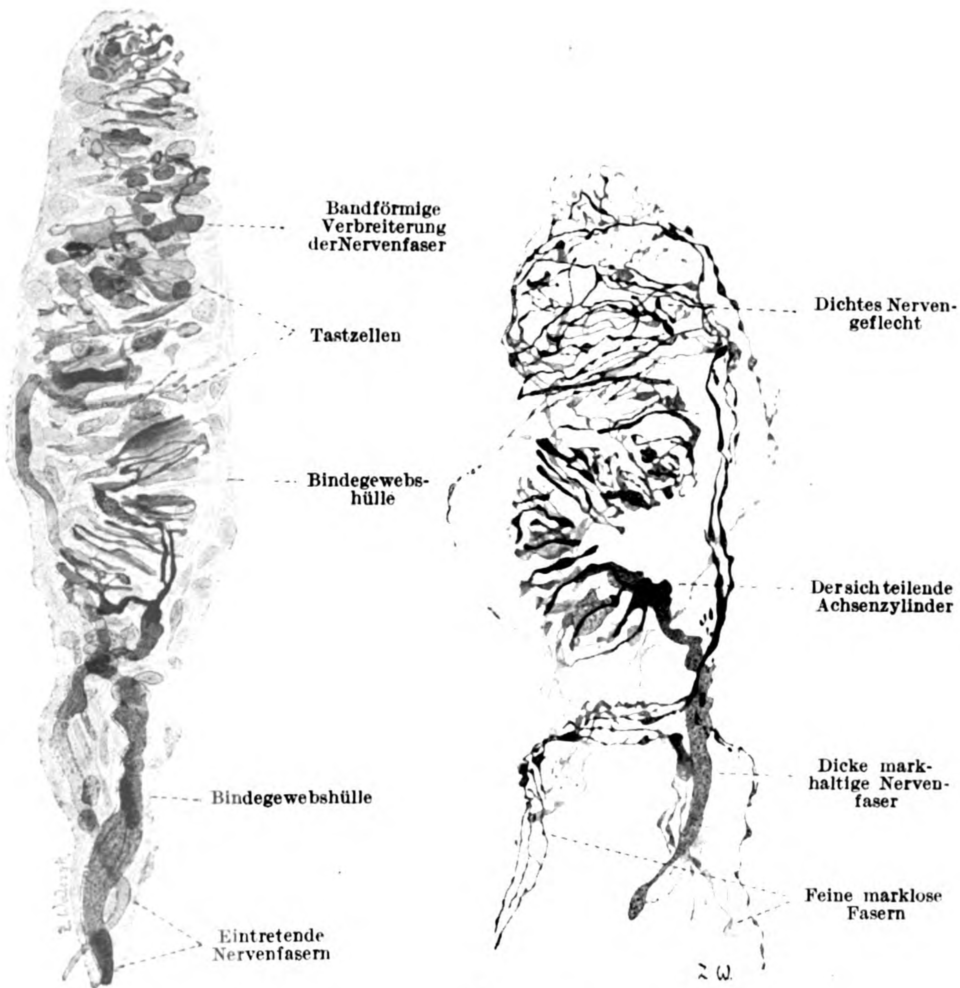


Fig. 364. Fig. 365.

Fig. 364. Längsschnitt eines Meißnerschen Tastkörperchens aus der Fingerhaut des Menschen. Man sieht die zutretenden Nervenfasern und deren Ausbreitung blau gefärbt (vitale Methylenblaufärbung) zwischen den durch Karmin rot gefärbten Tastzellen.

Fig. 365. Dasselbe. Hier ist nur der Nerv blau gefärbt, die Tastzellen sind dagegen nicht dargestellt.

Ca. 580mal vergrößert.

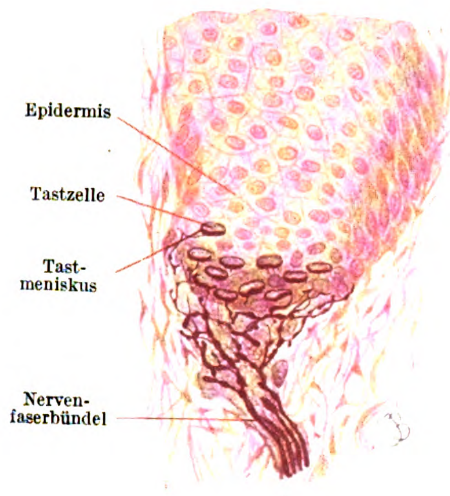


Fig. 366. Aus einem senkrechten Schnitte durch die Haut des Schweinerüssels.

Nach einem Goldpräparat. Ca. 300mal vergrößert.

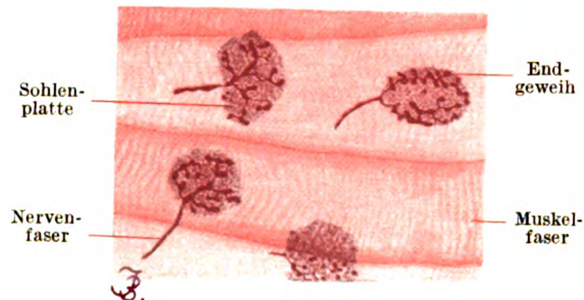


Fig. 368. Motorische Nervenendigungen an den Fasern der Bauchmuskeln der Ratte.

In der oberen Faser sind zwei Endplatten zu sehen. Ca. 300mal vergrößert.

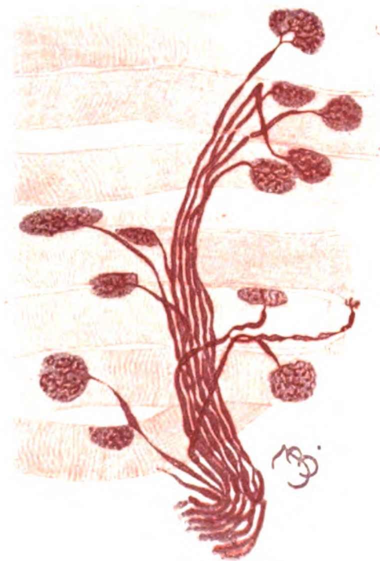


Fig. 367. Motorische Nervenendigungen in quergestreiften Muskelfasern (Bauchmuskel) der Ratte.

Ca. 170mal vergrößert.



Fig. 369. Motorische Nervenendigung in einer Muskelfaser des Frosches.

Eine Nervenfaser versorgt zwei Muskelfasern. Vergoldet. Ca. 300mal vergrößert.

Fig. 372.

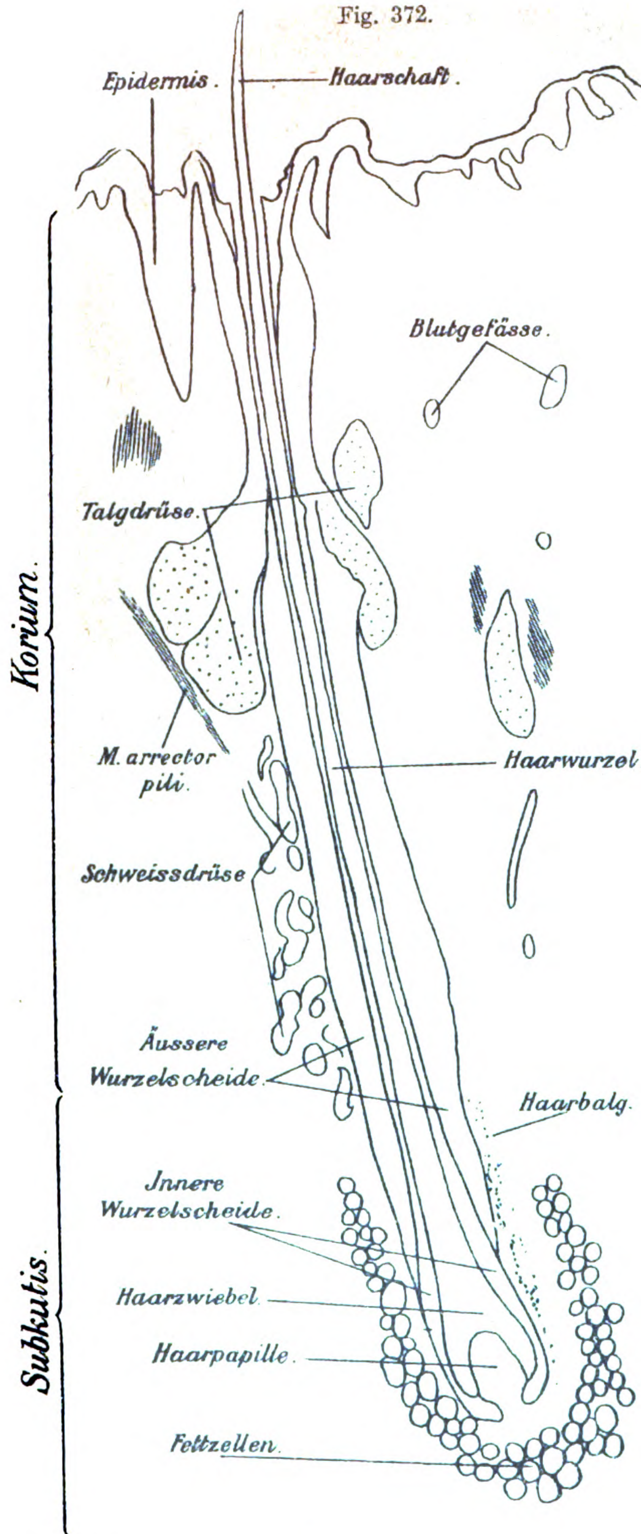


Fig. 373.

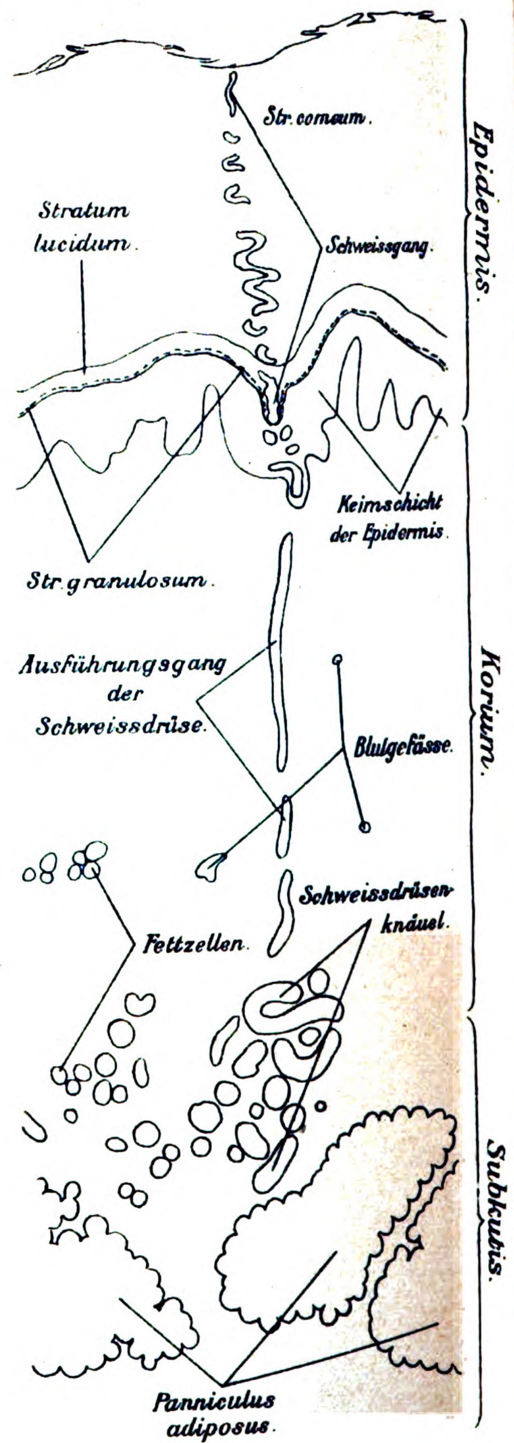


Fig. 372. Aus einem Durchschnitte durch die menschliche Kopfhaut. Das Haar ist in der ganzen Länge getroffen. Hämatoxylin-Eosin. 55mal vergrößert.

Fig. 373. Senkrechter Schnitt durch die Haut der Fingerbeere eines erwachsenen Menschen. Hämatoxylin-Eosin. Ca. 70mal vergrößert.

Fig. 372.

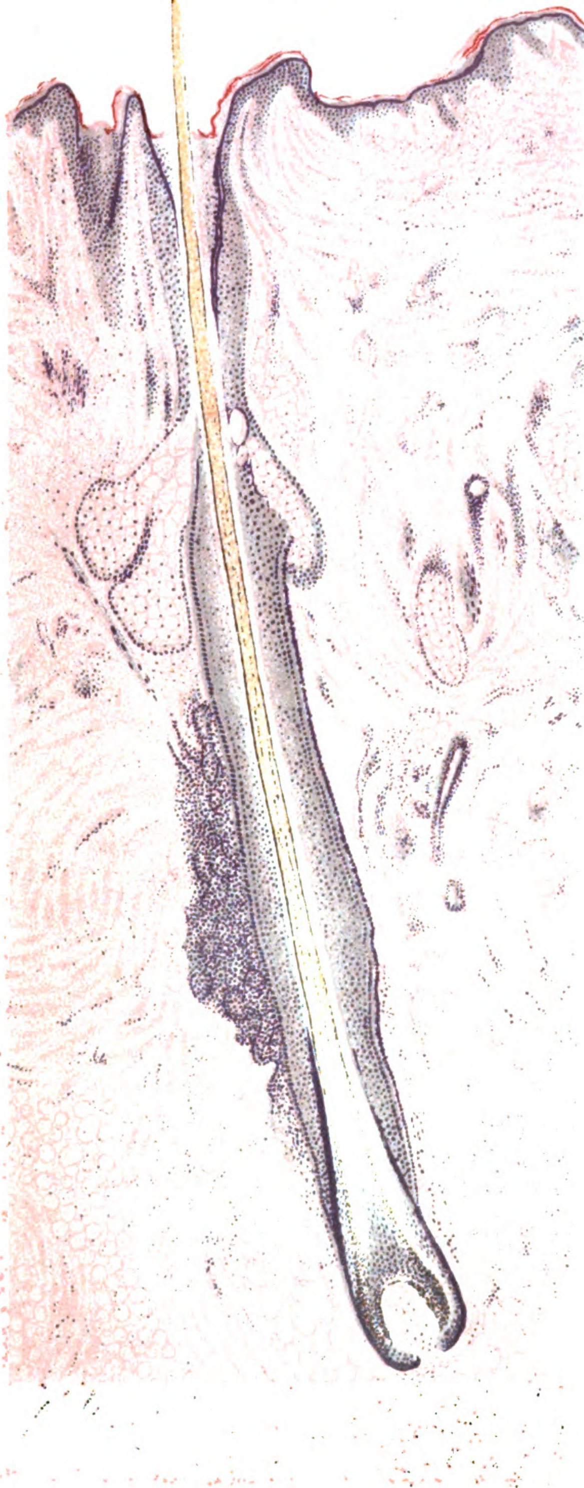
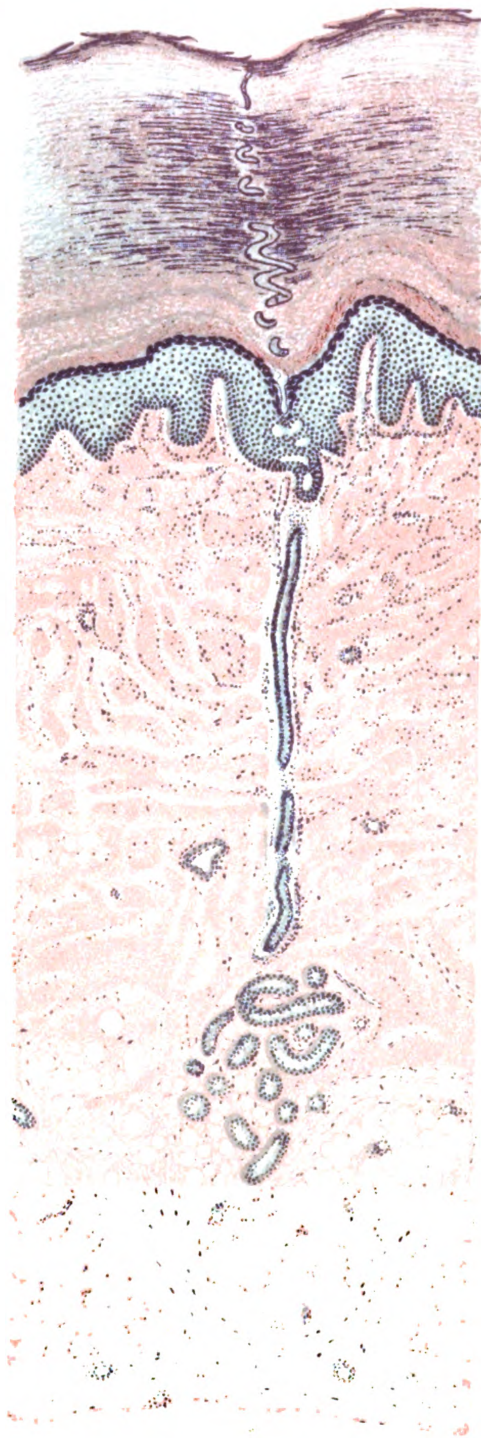


Fig. 373.



J. Barącz ad nat. del

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

Fig. 375.

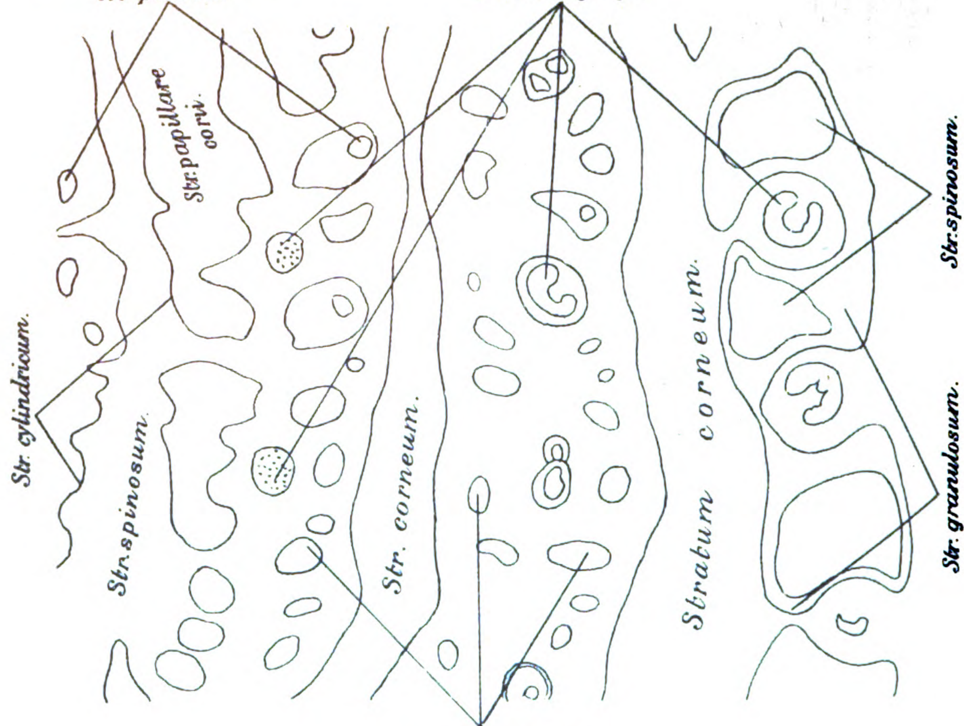


Fig. 376.

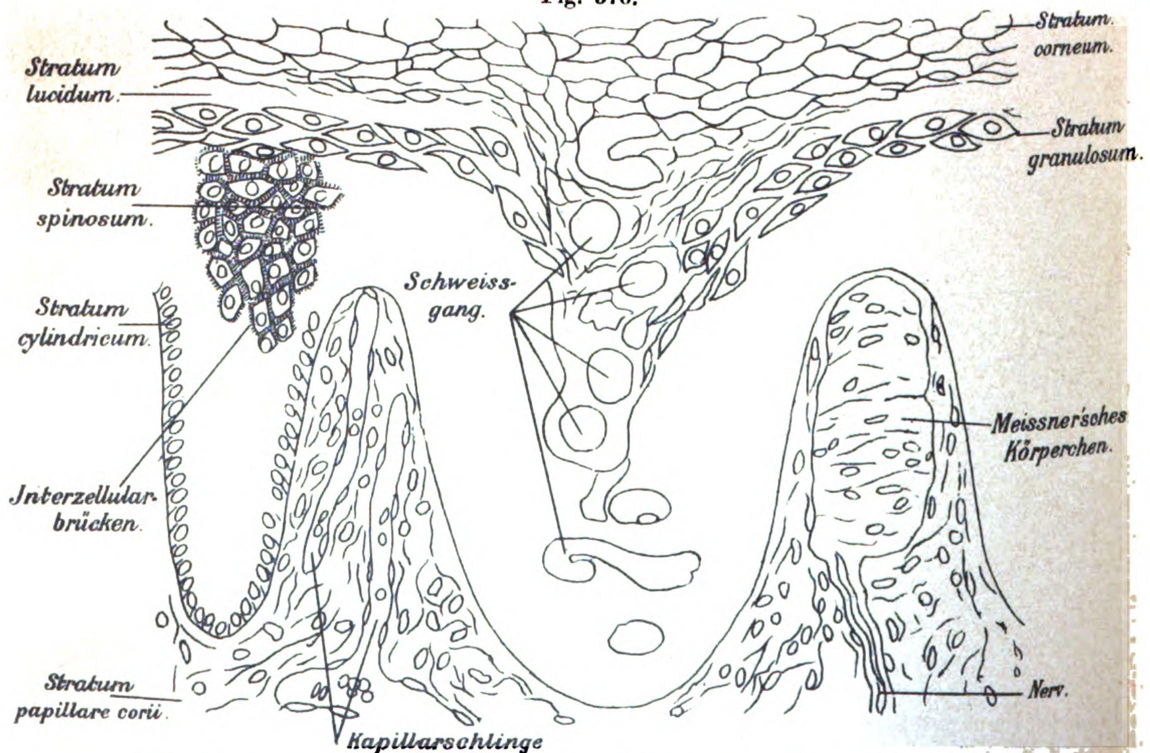


Fig. 375. Aus einem Flachschnitt durch die Epidermis der Fingerbeere des Menschen. Der Schnitt wurde fast parallel zur Oberfläche der Haut, wie Fig. 374 veranschaulicht, geführt.

Ca. 88mal vergrößert.

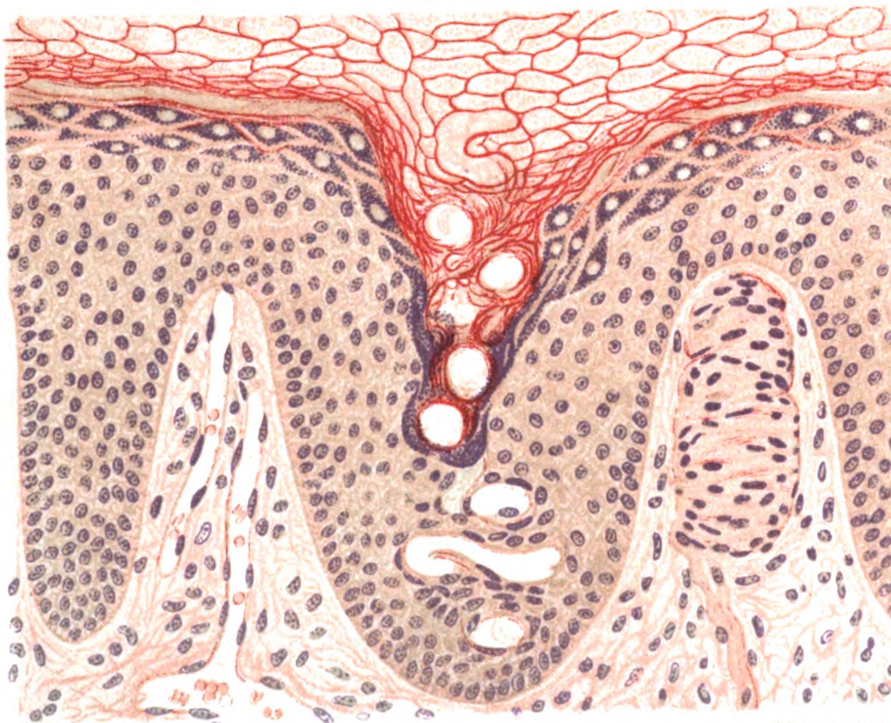
Fig. 376. Aus einem Schnitt durch die Haut des Halux eines erwachsenen Menschen.

Ca. 400mal vergrößert.

Fig. 375.



Fig. 376.



J. Bararz ad nat. del.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

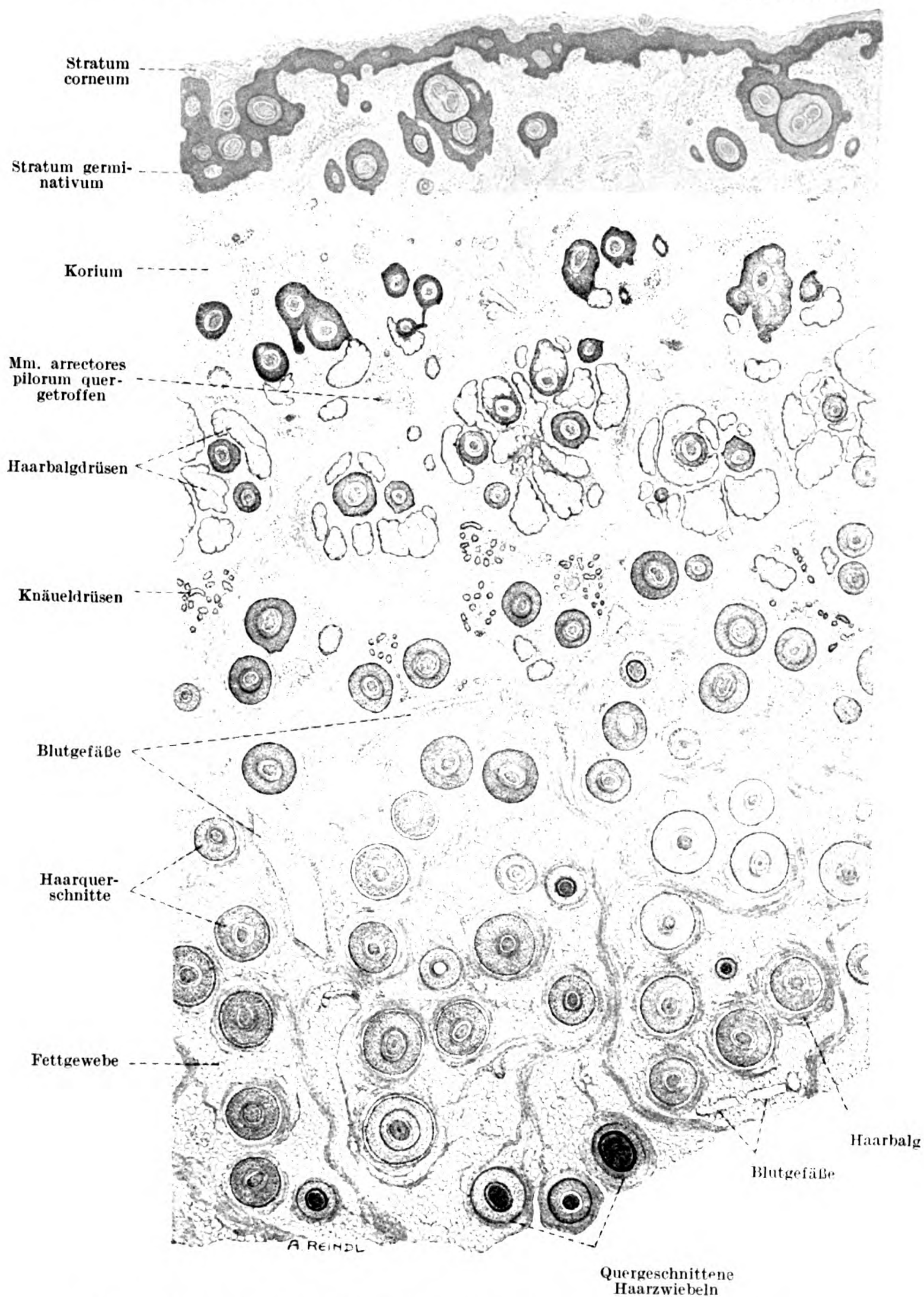


Fig. 377. Schrägschnitt durch die menschliche Kopfhaut. Ganz oben ist die Epidermis getroffen. Etwas weiter unten sieht man Haarwurzeln in Gruppenstellung samt den zugehörigen Haarbalgdrüsen. Zu unterst sind Querschnitte der tiefsten Abschnitte der Haarwurzeln zu sehen. Die Haarscheiden violett, die Haare gelb. In einigen Haarscheiden fehlen die Haare, da dieselben beim Schneiden ausgefallen sind.

Ca. 25mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 378.

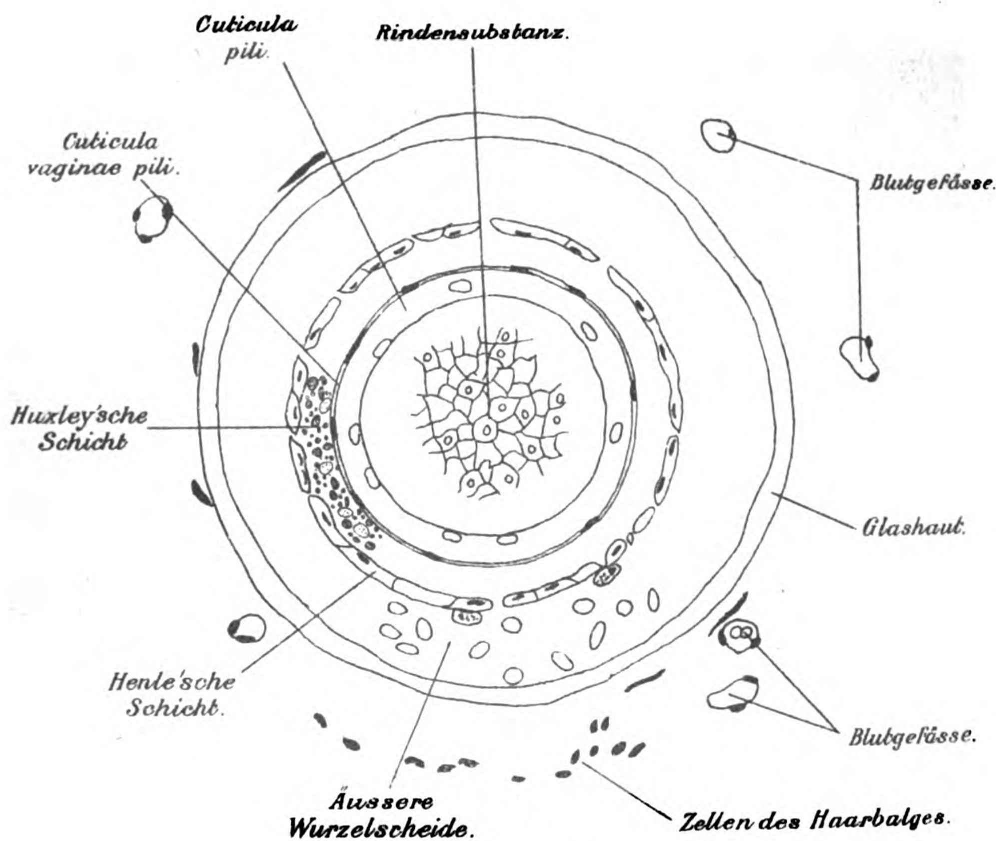


Fig. 379.

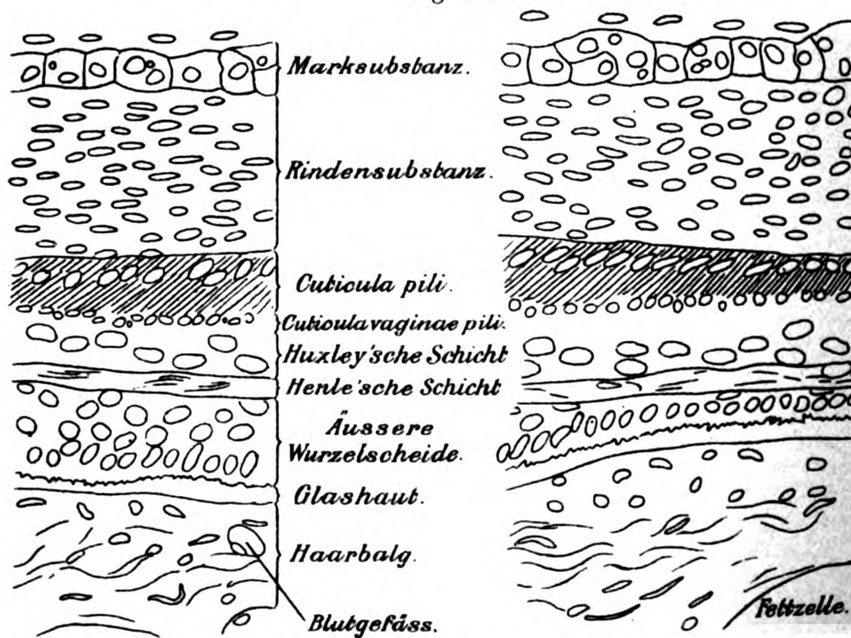


Fig. 378. Querschnitt eines Haares und Haarbalges in der unteren Hälfte der Wurzel. Menschliche Kopfhaut. Hämatoxylin-Eosin. Ca. 400mal vergrößert.

Fig. 379. Aus einem Längsschnitte durch die Achse des Haares und dessen Haarwurzelscheide. Menschliche Kopfhaut. Hämatoxylin-Eosin. Ca. 550mal vergrößert.

Fig. 378.

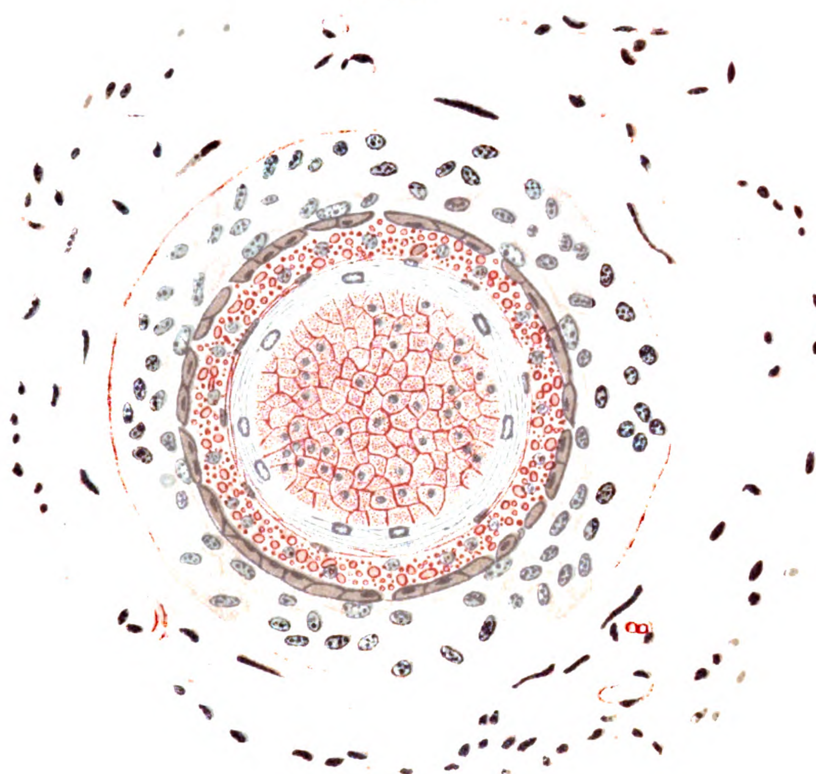
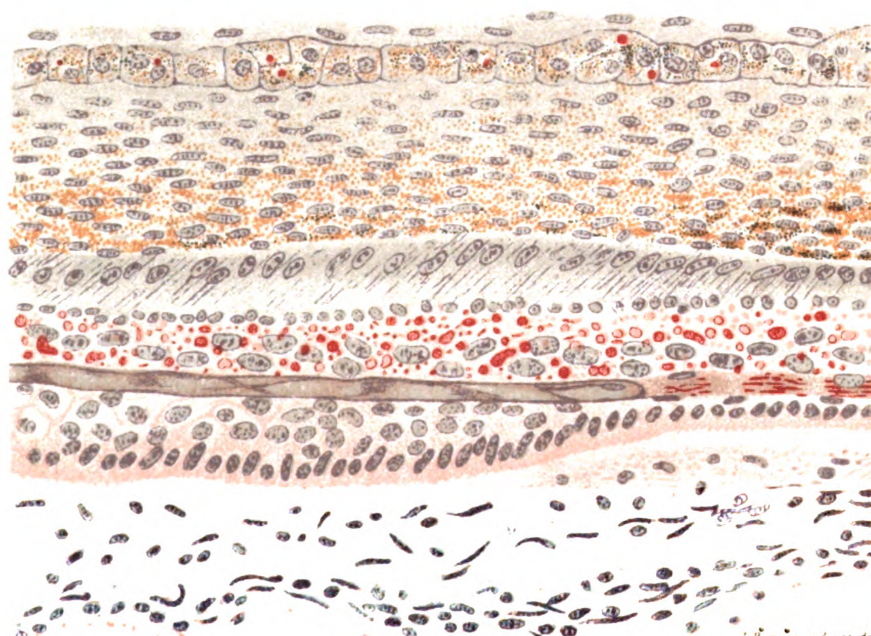


Fig. 379.



Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

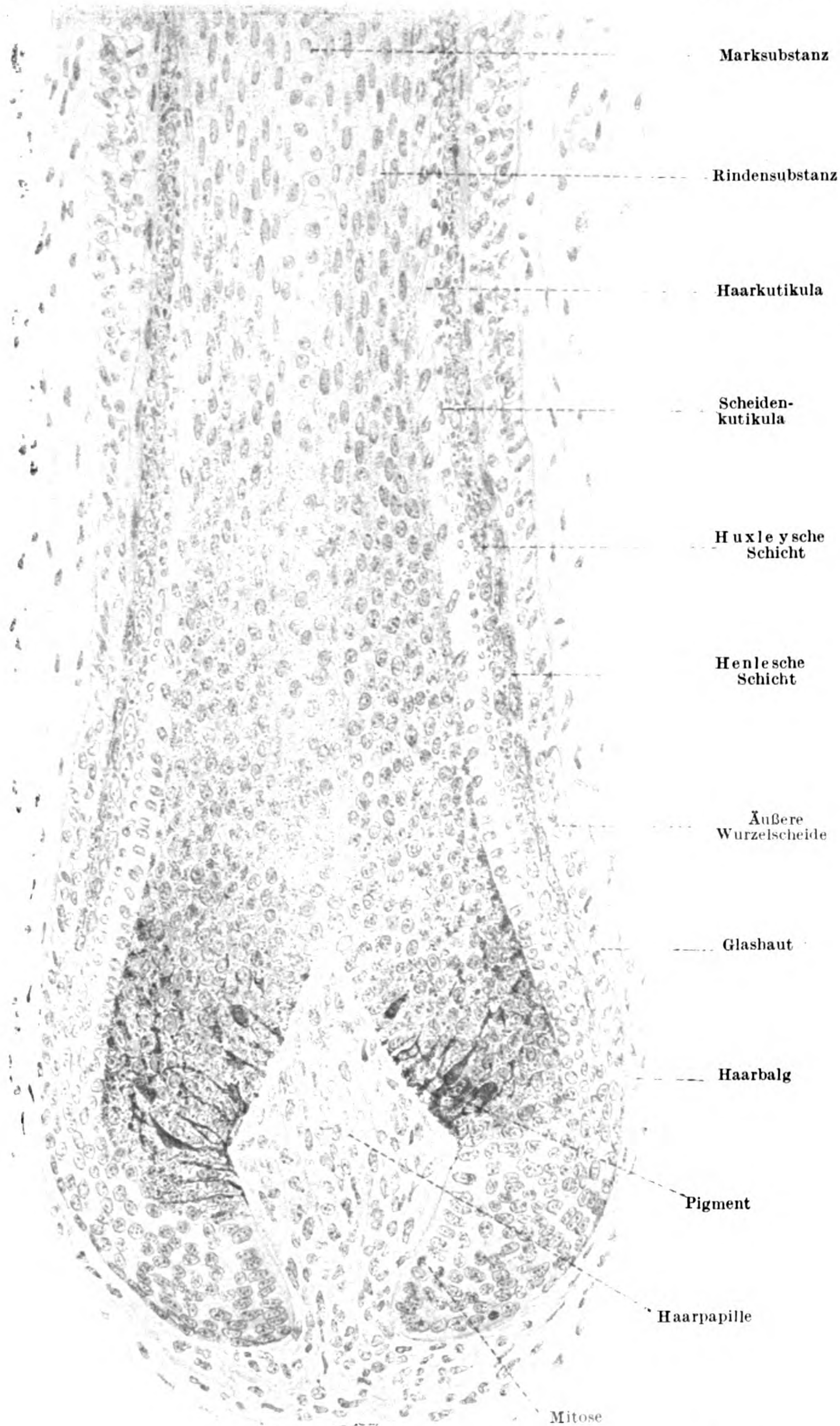


Fig. 380. Längsschnitt durch den unteren Abschnitt einer Haarwurzel der menschlichen Kopfhaut.
Ca. 350mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

Fig. 389.

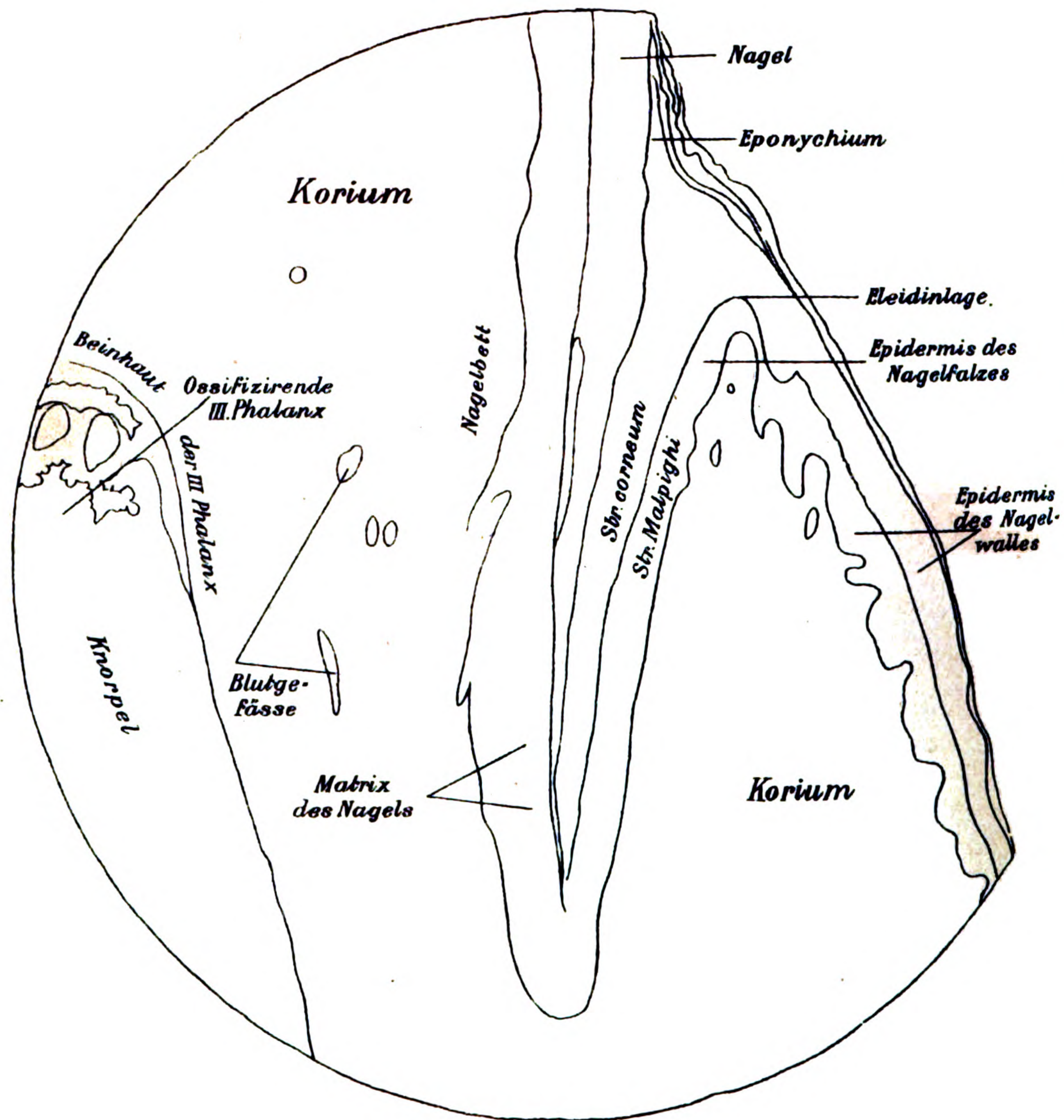


Fig. 389. Längsschnitt durch Nagel und Nagelfalz des Kindes. Hämatoxylin-Pikrokarmin nach Fixierung in Flemmingscher Flüssigkeit.

Ca. 60mal vergrößert.

Fig. 389.

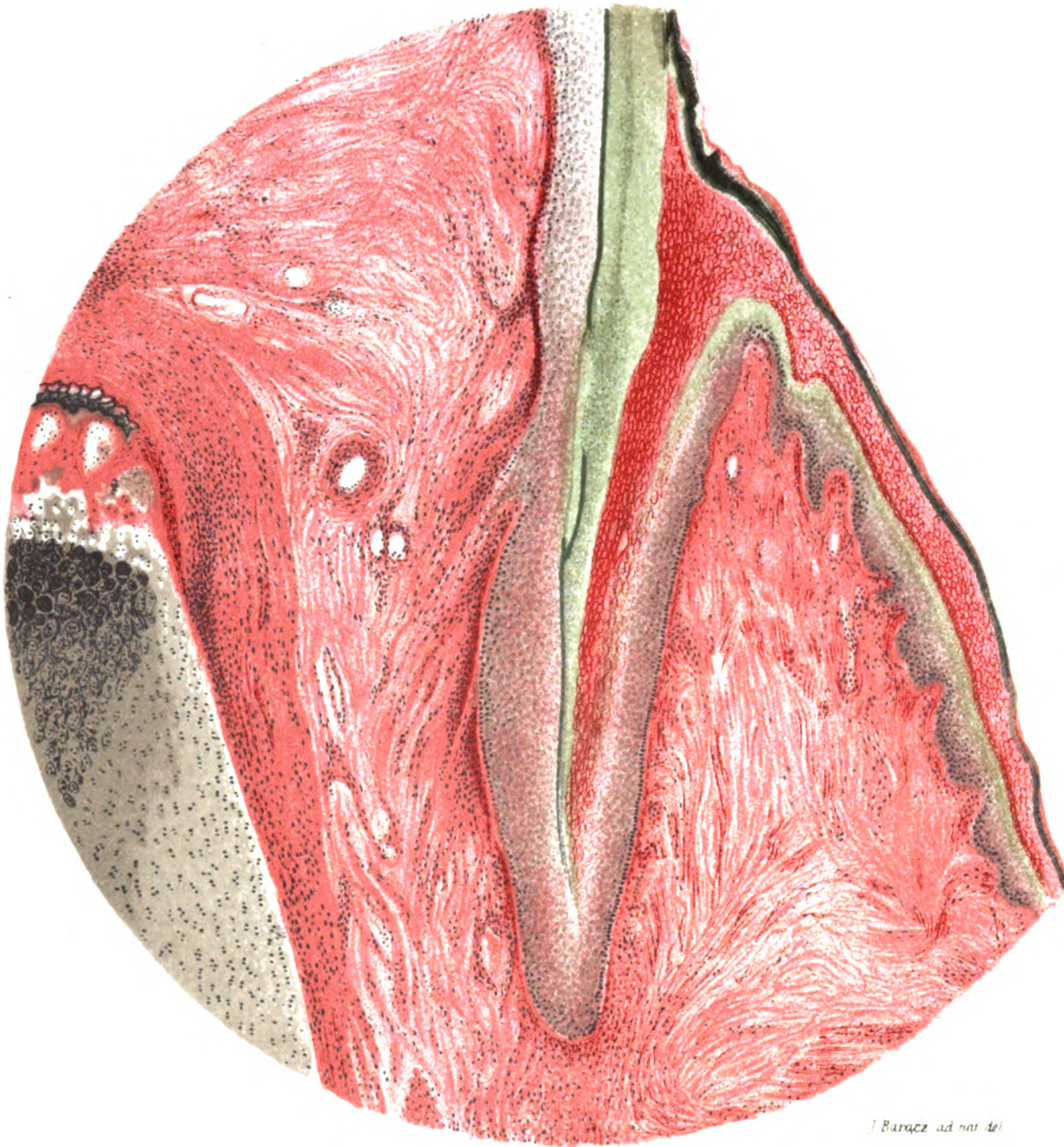


Fig. 389. Längsschnitt durch Nagel und Nagelfalz des Kindes. Hämatoxylin-Pikrokarmin nach Fixierung in Flemmingscher Flüssigkeit.
Ca. 60mal vergrößert.

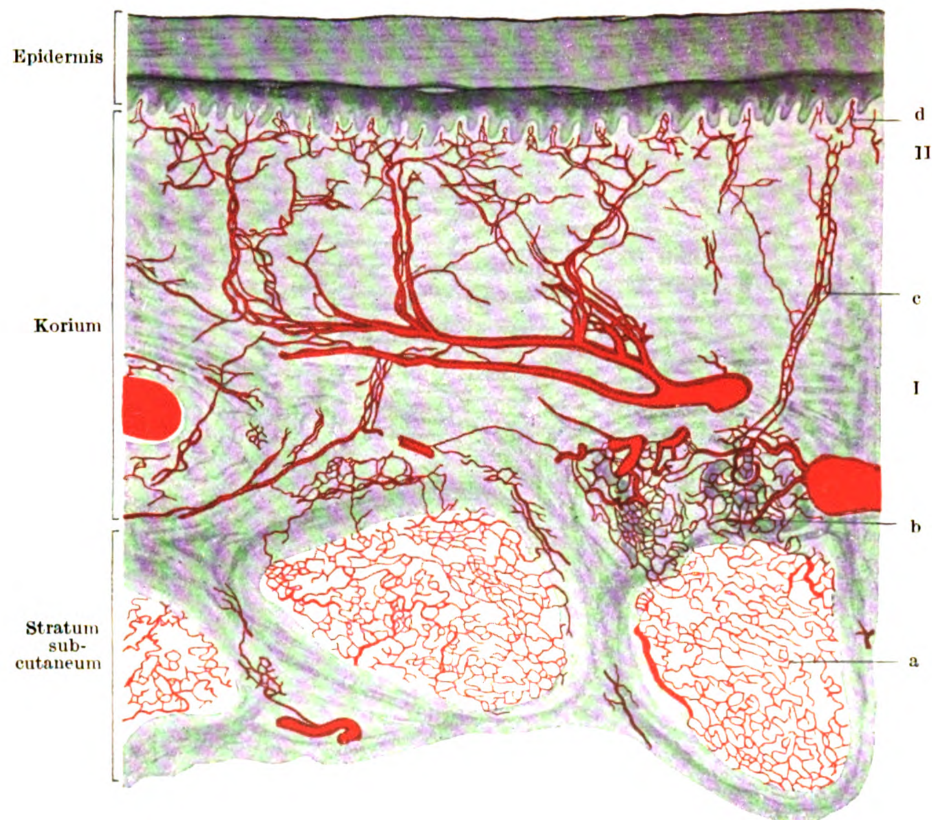


Fig. 392. Aus einem senkrechten Schnitte durch die Haut der menschlichen Hohlhand.

Blutgefäße rot injiziert. Ca. 35mal vergrößert.

a = Fettgewebe; b = Schweißdrüsenknäuel; c = Schweißdrüsengang; d = Papillen; I = das kutane Netz; II = das subpapilläre Netz.

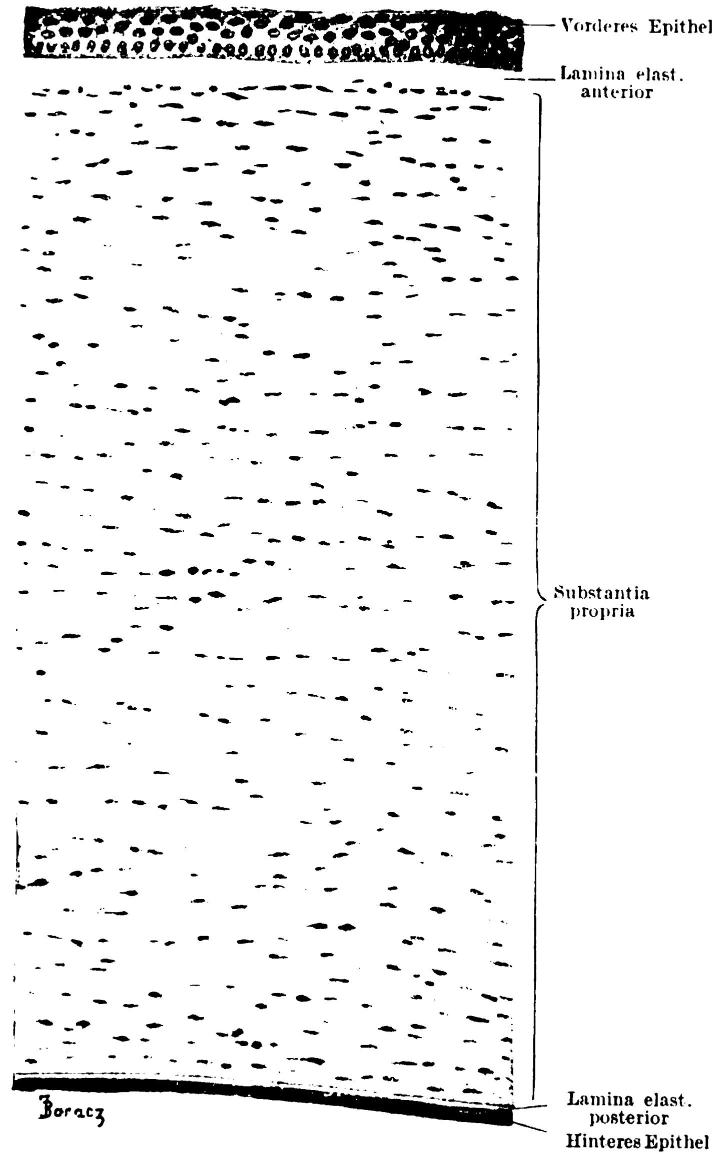


Fig. 394. Senkrechter Durchschnitt durch die Hornhaut des neugeborenen Kindes.

Ca. 200mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

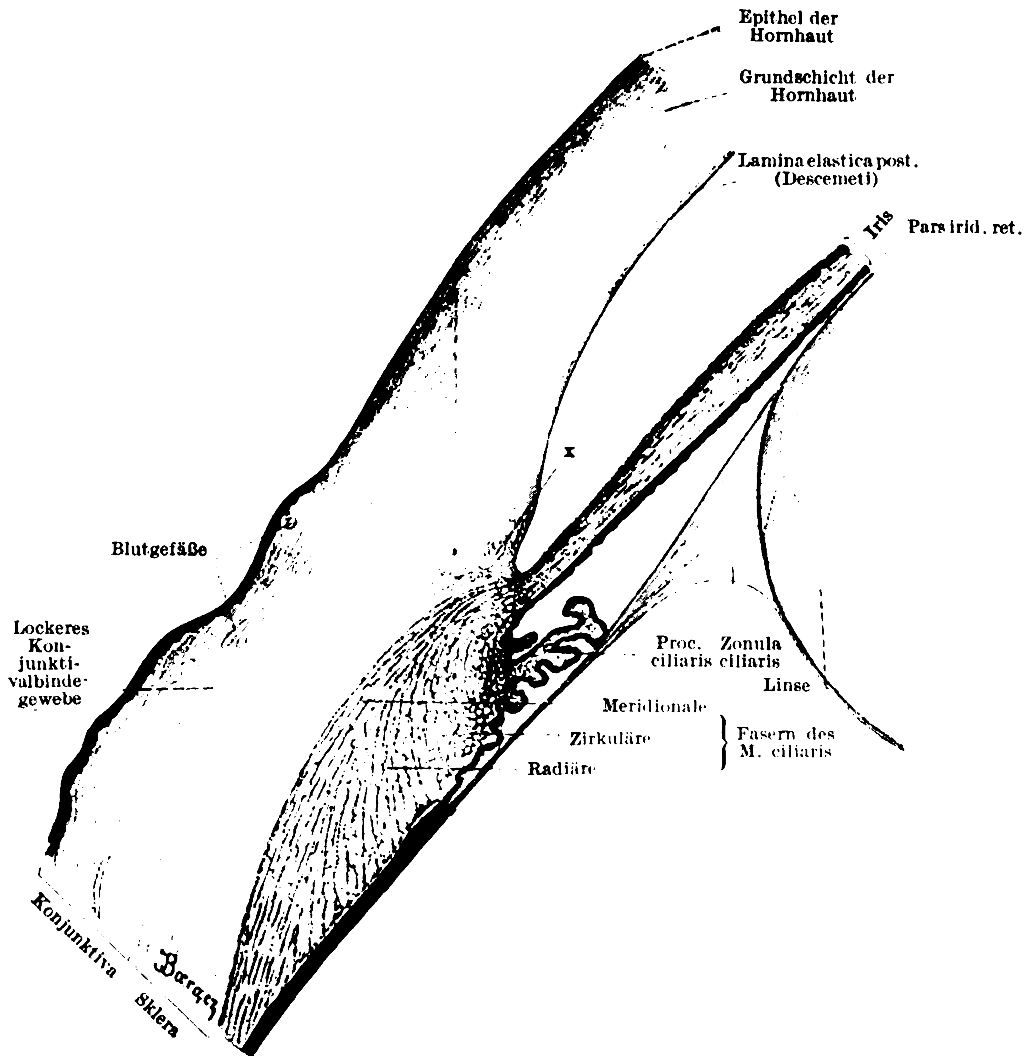


Fig. 399. Meridionalschnitt durch den Ziliarkörper des Affenauges.

x = Sinus venosus sclerae. Ca. 30mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

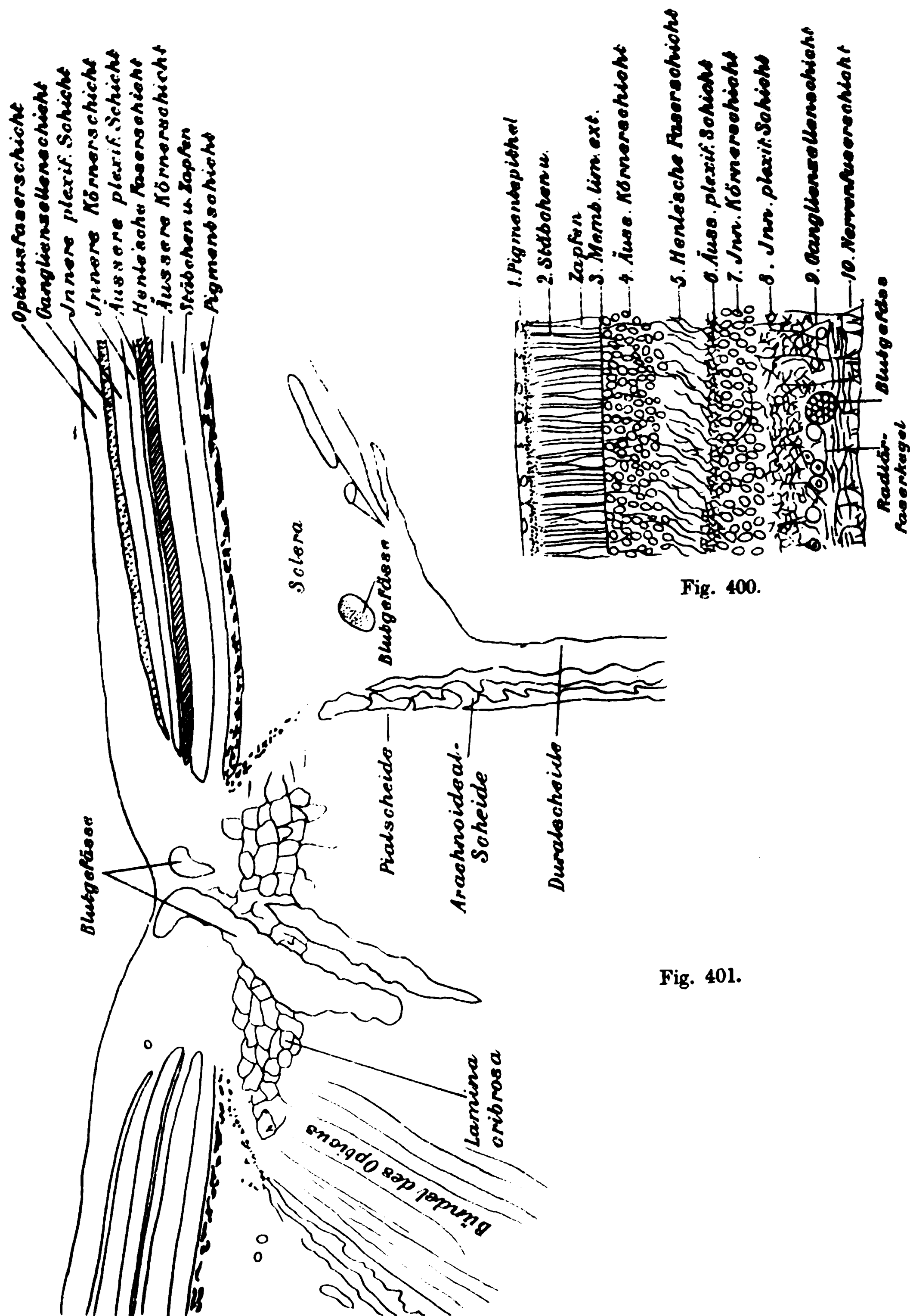


Fig. 400.

Fig. 401.

Fig. 400. Längsschnitt durch die Eintrittsstelle des Sehnerven vom Menschen. Biondische Färbung. Ca. 70mal vergrößert.

Fig. 401. Senkrechter Schnitt durch die Retina des Affen. Biondische Färbung. Ca. 330mal vergrößert.

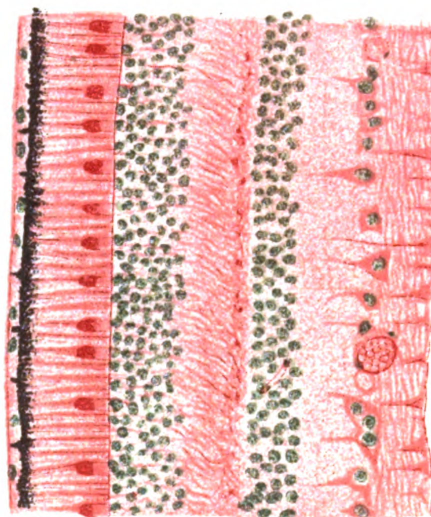


Fig. 400.

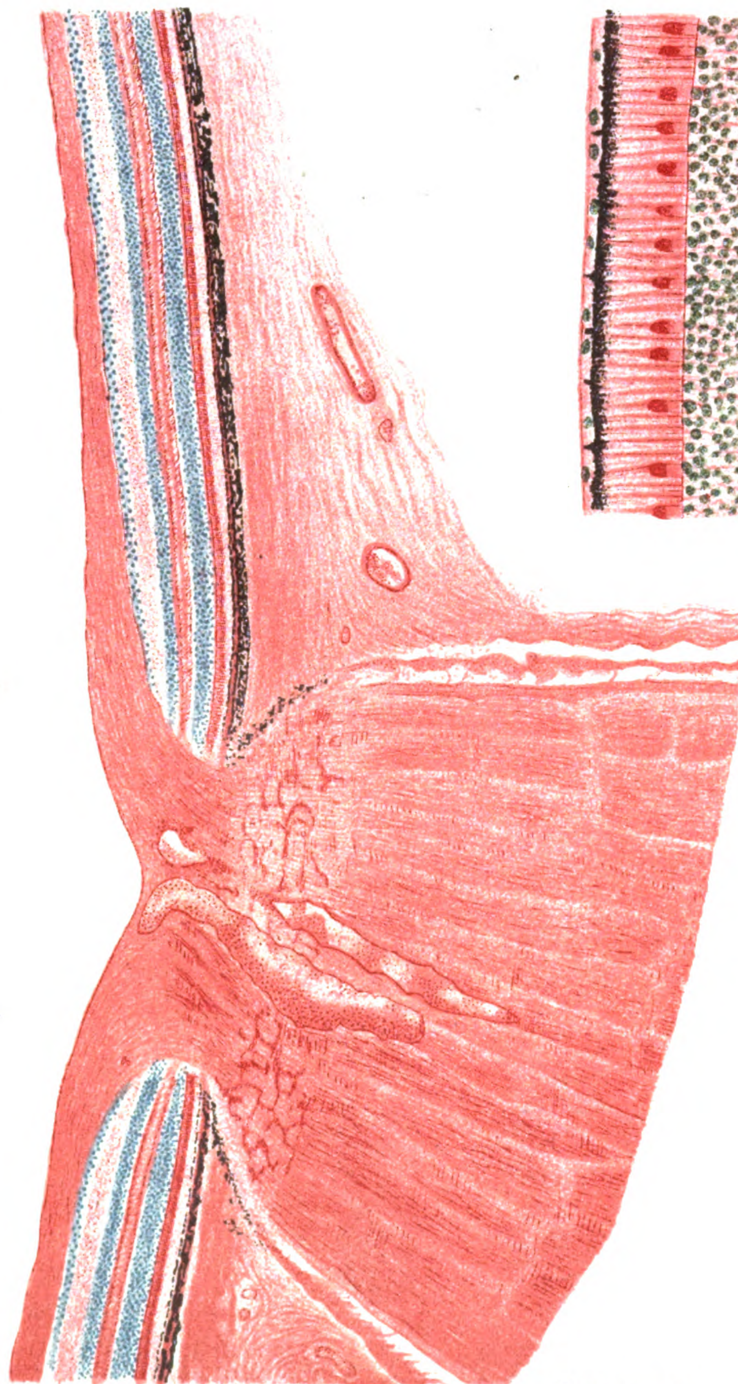


Fig. 401.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

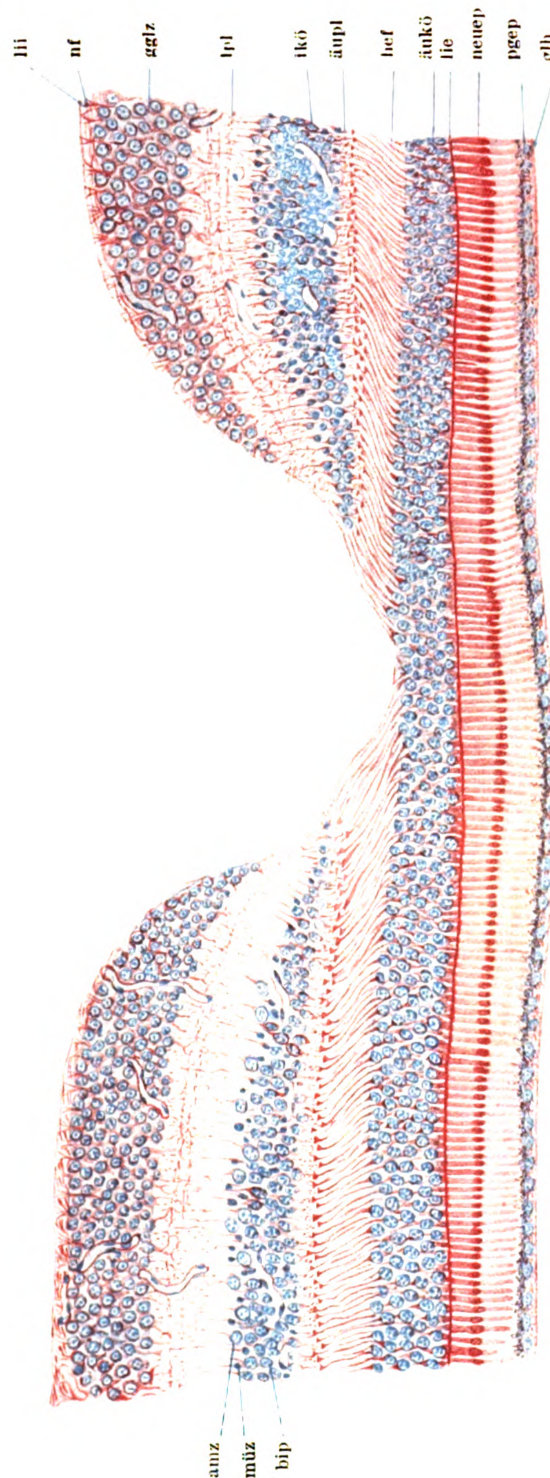


Fig. 403. Schnitt durch die Fovea centralis des Affen. Färbung nach Biondi.

200 mal vergrößert.

lii Limitans interna, nf Nervenfaserschicht, gglz Schicht der Ganglienzellen, ipl innere plexiforme Schicht, ikö innere Körnerschicht, äupl äußere plexiforme Schicht, hef Henlesche Faserschicht, äukö äußere Körnerschicht, lie Limitans externa, neuep Neuroepithelschicht, pgep Pigmentepithelschicht, glh Glashaut der Chorioidea, amz amakrine Zelle, müz Müllersche Stützzelle, bip Zapfenbipolare.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

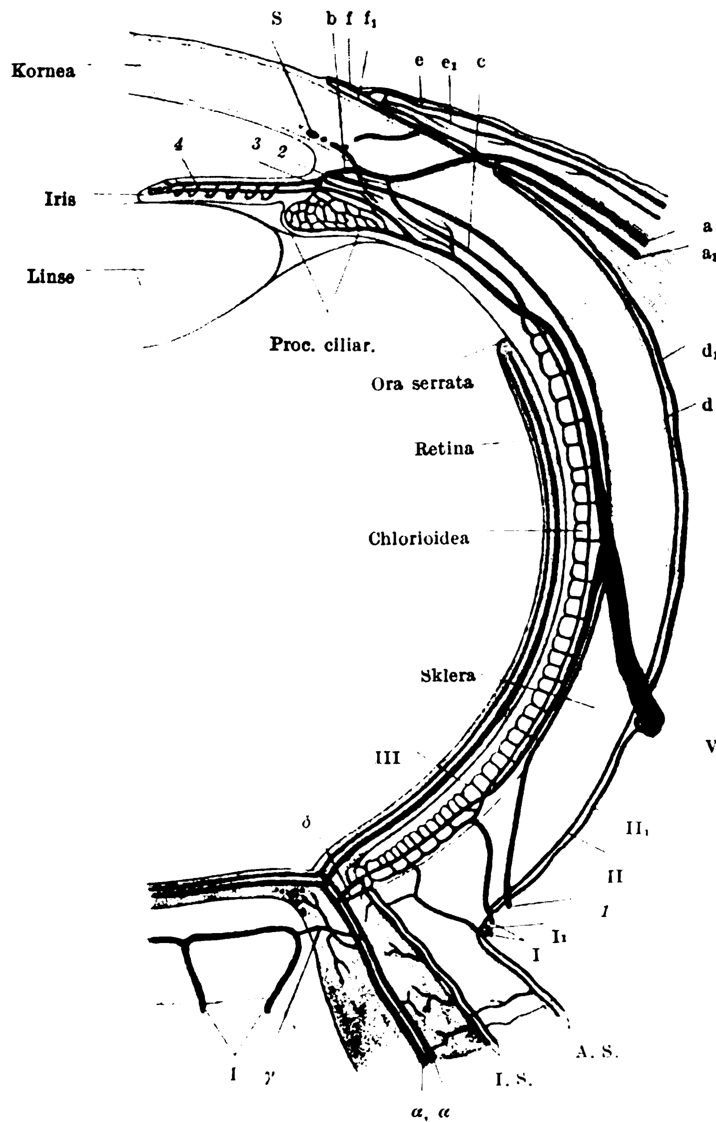


Fig. 406. Schema der Blutgefäßverteilung im Auge mit Benützung der Darstellung Lebers (nach Stöhr). Horizontaldurchschnitt.

Arterien rot, Venen blau.

Gebiet der Vasa centralia retinae (griech. Buchstaben): *α* Arteria, α_1 V. centralis retinae, *γ* Anastomose mit Ästen der Aa. ciliar. post. brev., *δ* Anastomose mit Chorioidealgefäßen. **Gebiet der Scheidengefäße**: I. S. innere, A. S. äußere Scheidengefäße. **Gebiet der Vasa ciliar. poster. brev.** (römische Ziffern): I Arteriae, I_1 Venae ciliar. poster. brev., II arterielle episklerale, II_1 venöse episklerale Äste derselben, III Kapillaren der Lamina chorio-capillaris. **Gebiet der Vasa ciliar. post. long.** (arabische Ziffern): *1* A. ciliar. post. longa, *2* Circulus iridis major quer durchschnitten, *3* Äste zum Corpus ciliare, *4* Äste für die Iris. **Gebiet der Vasa ciliar. ant.** (kleine lateinische Buchstaben): a Arteria, a_1 V. ciliar. ant., b Verbindung mit dem Circulus iridis major, c Verbindung mit der Lamina chorio-capill., d arterielle, d_1 venöse episklerale Äste, e arterielle, e_1 venöse Äste zur Conjunctiva sclerae, f arterielle, f_1 venöse Äste zum Kornealrande, V Vena vorticosa, S Querschnitt des Sinus venosus sclerae.

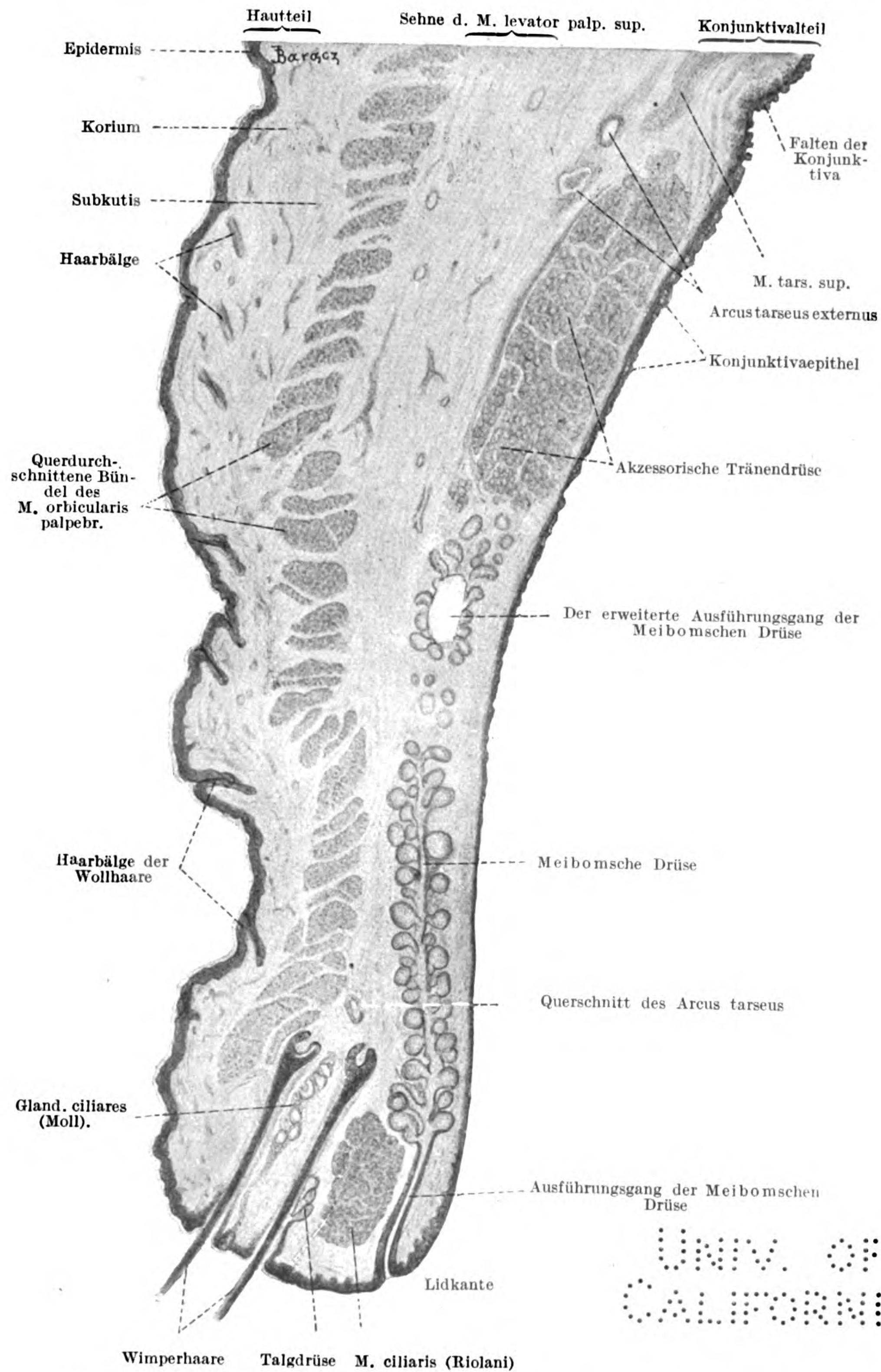


Fig. 408. Durchschnitt durch das obere Augenlid eines 2½jährigen Kindes.
22mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.



Fig. **409.** Gehörlabyrinth einer jungen Katze. **Färbung mit Eisenhämatoxylin.**

a Ampulle, *cra* Crista acustica, *cute* Cupula terminalis, *ra* Raphe, *nco* N. cochlearis, *nve* N. vestibularis, *scty* Scala tympani, *oco* Cortisches Organ, *sspii* Sulcus spiralis internus, *lispi* Limbus spiralis, *lspi* Ligamentum spirale, *sspie* Sulcus spiralis externus, *prspi* Prominentia spiralis, *strva* Stria vascularis, *mt* Membrana tectoria, *dc* Ductus cochlearis, *mr* Reißnersche Membran, *scve* Scala vestibuli, *mtyse* Membrana tympani secundaria. Ca. 25 mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

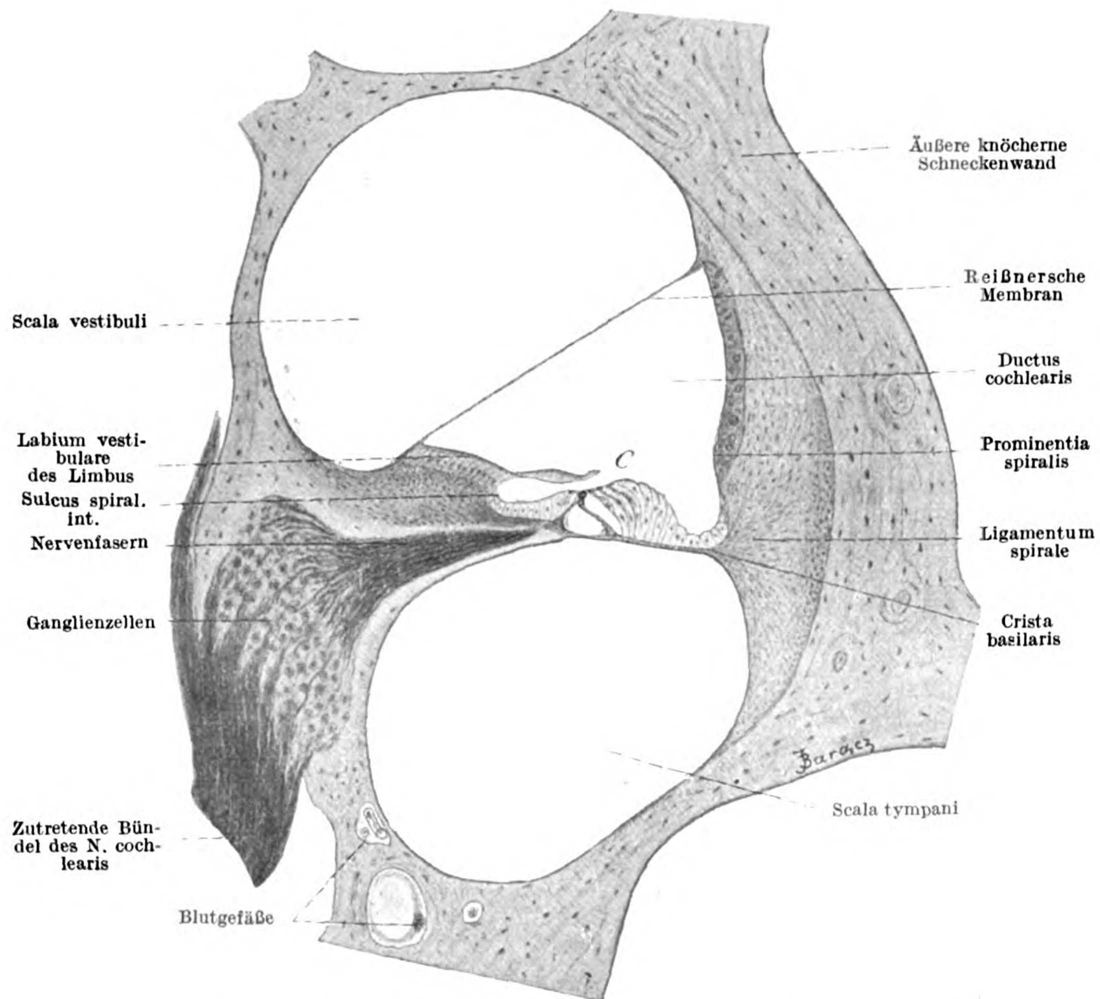


Fig. 411. Durchschnitt durch die zweite Schneckenwindung eines Meerschweinchens.

C = das Cortische Organ. Ca. 95mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.

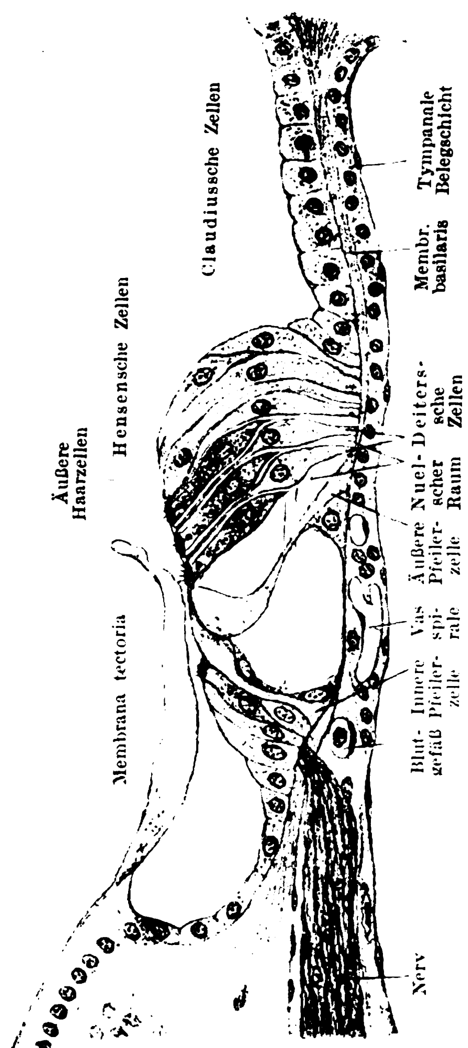


Fig. 413. Senkrechter Durchschnitt durch das Cortische Organ eines Meerschweinchens.

Ca. 350mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch· Leipzig.





